



MISE À JOUR DE L'ÉVALUATION DU STOCK DE BOCACCIO (*SEBASTES PAUCISPINIS*) 2019 POUR LA COLOMBIE-BRITANNIQUE EN 2021

Contexte

Le sébaste bocaccio (SBO) a été évalué en 2019 (MPO 2020) à l'aide de la plateforme du modèle d'évaluation des stocks de prises selon l'âge appelée Awatea, fondée sur six séries de relevés au chalut indépendants de la pêche (couvrant la période de 1967 à 2019), une série de relevés commerciaux normalisés au chalut de fond fondé sur les captures par unité d'effort (CPUE) (1996-2012)¹, les estimations annuelles des prises de deux pêches commerciales, et les données sur la composition selon l'âge provenant d'une combinaison de la pêche commerciale au chalut et de quatre des six relevés. Le modèle hors côte de la Colombie-Britannique est parti d'un état d'équilibre présumé en 1935. Trois cycles composant de référence utilisant un modèle à deux sexes ont été réalisés dans un cadre bayésien (selon la méthode de Monte-Carlo par chaîne de Markov [MCCM]) pour des scénarios qui fixaient la mortalité naturelle (M) à trois niveaux (0,07, 0,08 et 0,09), avec l'âge maximal (A) établi à 50 ans en estimant le taux de variation de la fonction stock-recrutement (h), la capturabilité (q) pour les relevés et les CPUE, ainsi que la sélectivité (μ) dans quatre relevés et dans la pêche commerciale au chalut. Ces trois cycles ont été combinés en un scénario de référence composite qui explorait les principaux axes d'incertitude (M) dans l'évaluation du stock. Un résumé de l'évaluation des stocks de 2019 ainsi que des descriptions des évaluations antérieures bocaccio des stocks (y compris les examens de cette espèce par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada) se trouvent dans [avis scientifique 2020/025](#).

L'évaluation des stocks de 2019 a fait état d'un stock de SBO à l'échelle de la côte qui connaît un déclin presque continu depuis le début de la reconstruction de la population en 1935, qui a été interrompu seulement par une période de déclin interrompu de 1970 à 1986 et qui résulte de quelques événements de recrutement modérés en 1969, 1976 et 1978. Le déclin a repris en 1987 et s'est poursuivi jusqu'à ce qu'un événement de recrutement extrêmement important se produise en 2016, estimé par le modèle à 44 fois la moyenne à long terme du recrutement des quantiles (5% et 95% : 30 fois, 58 fois).

La taille estimée de la biomasse initiale était importante (médiane = 32 300 tonnes; quantiles 5% et 95% : 16 500 t, 71 700 t) afin de maintenir l'historique des prises tout en supposant un recrutement déterministe au cours des premières années de la reconstruction. La taille de cette biomasse sous-entendait un rendement maximal durable (RMD) moyen estimé à 1 461 tonnes (703, 3 623), comparativement aux prises moyennes des cinq dernières années (2015-2019) de la reconstruction de seulement 69 tonnes. La taille de la biomasse féconde à la fin de la dernière année (2019) par rapport à la biomasse féconde à l'équilibre non exploitée (B_{2020}/B_0) était très faible, estimée à 0,028 (0,013, 0,058) et B_{2020} comparativement à la biomasse féconde à

¹La série a été tronquée en 2012 selon les conseils du groupe de travail technique SBO; celui-ci a estimé que le comportement d'évitement de la flotte biaiserait les indices après que les totaux autorisés des captures ont été considérablement réduits en 2013 en réaction à la désignation d'espèce en voie de disparition par le COSEPAC.

l'équilibre qui appuierait le RMD (B_{2020}/B_{RMD}) qui était de 0,096 (0,042, 0,23). Ni l'une ni l'autre de ces estimations n'incluait une contribution de la catégorie de l'année 2016 parce qu'on supposait que les quatre premières catégories d'âge ne comprenaient pas de femelles matures. Le ratio équivalent à la fin de 2019 pour la biomasse vulnérable aux engins de pêche au chalut (V_{2020}/V_0) était de 0,10 (0,050, 0,21). Ce ratio est plus élevé que pour la biomasse féconde parce que la biomasse vulnérable a été déterminée par la fonction de sélectivité sans référence à l'état de maturité et, par conséquent, comprenait une contribution fractionnelle de la grande cohorte de 2016.

Les taux d'exploitation estimés (u_t) tout au long de la série chronologique étaient faibles, le taux d'exploitation de 2019 étant estimé à $u_{2019} = 0,025$ (0,021, 0,044) pour la pêche au chalut et $u_{2019} = 0,0097$ (0,0005, 0,0016) pour les pêches « autres » (autres que la pêche au chalut). Ces taux d'exploitation étaient bien inférieurs à la fourchette des taux de mortalité naturelle (0,07 à 0,09) jugés plausibles d'après les données disponibles sur l'âge. Même les taux d'exploitation maximum estimés par la reconstruction (médiane pour le « chalut » = 0,06 et « autre » = 0,01) entraient à peine dans la plage plausible de M . L'exploitation à des niveaux nettement inférieurs à la mortalité naturelle est souvent considérée comme durable, mais l'état extrêmement faible de la biomasse relative de 2019 estimée par le modèle témoigne du manque de recrutement ainsi que du succès de la direction à maintenir l'exploitation à un niveau minimal dans une pêche au chalut de plusieurs espèces.

On a estimé que la biomasse féconde du scénario de référence composite au début de 2020 est supérieure au point de référence limite (PRL) avec une probabilité $P(B_{2020} > 0.4B_{RMD}) < 0.01$, et supérieure au point de référence supérieur du stock (PRS) avec une probabilité $P(B_{2020} > 0.8B_{RMD}) = 0$ (c.-à-d. une probabilité nulle de se trouver dans la zone saine selon l'ensemble d'échantillons de la méthode de MCCM a posteriori). Cependant, une reprise très rapide a été prévue en fonction de la taille extrêmement importante de la cohorte de 2016.

L'évaluation des stocks de 2019 a prédit qu'il y aurait une remontée rapide de la biomasse féconde à partir de 2021 parce que, même si seulement une faible proportion des poissons de cinq ans est mature, la grande taille de la cohorte de 2016 devrait contribuer à une augmentation détectable de la population reproductrice. Selon les projections du modèle, d'ici le début de 2022 et en supposant une prise constante de 200 tonnes par année ou un taux de récolte de 0,04 par année, le stock SBO passerait dans la zone de prudence (c.-à-d. que la médiane se rapprocherait du PRS de $0.8B_{RMD}$). L'évaluation des stocks a également permis de prévoir que la probabilité que la biomasse féconde dépasse le PRL, c.-à-d. $P(B_t > 0.4B_{RMD})$, était supérieure à 95% dans une année de plus (c.-à-d. au début de 2023). À titre d'analyse de sensibilité, les projections ont été répétées en se fondant uniquement sur les 5% les plus basses de la distribution a posteriori du scénario de référence composite, ce qui a donné lieu à des prévisions de reconstitution qui n'ont été retardées que de 2 à 3 ans. Enfin, l'évaluation des stocks de 2019 a permis de constater que pour le bassin de la Reine-Charlotte et la côte ouest de l'île de Vancouver, les relevés synoptiques ont démontré une bonne capacité de surveillance pour cette espèce et ont laissé entendre qu'il serait possible de corroborer l'importance de la reconstitution quand ces relevés seraient répétés en 2020² et en 2021.

En raison de la capacité apparemment démontrée des relevés synoptiques de surveiller

²Le relevé synoptique de la côte ouest de l'île de Vancouver de 2020 a été reporté en raison de la pandémie de COVID-19. Toutefois, il a été répété du 14 mai au 11 juin 2021 à bord du navire de pêche *Nordic Pearl*.

bocaccio, les participants à la réunion d'examen régional par les pairs de 2019 ont convenu qu'il serait faisable de vérifier les progrès de la reconstitution grâce à une mise à jour de l'évaluation des stocks de 2019 une fois que les données des relevés synoptiques de 2020 et 2021³ utilisées dans le modèle seront disponibles (MPO 2020). Ces observations, une fois traitées dans le cadre de l'évaluation des stocks convenue, devraient corroborer les progrès de la reconstitution. L'examen régional par les pairs de 2019 a également souligné que, même si aucune nouvelle donnée sur l'âge n'est disponible en 2021, il est probable que la cohorte de 2016 soit identifiable à partir des données sur la fréquence de longueur dans les trois relevés, compte tenu de la grande taille relative de cette cohorte. Il a également souligné qu'il était possible que le nouveau recrutement, s'il est suffisamment important, soit également identifiable dans ces données.

Cette réponse des Sciences résulte du processus de réponse des Sciences du 28 octobre 2021 sur la mise à jour de l'évaluation des stocks de sébaste bocaccio (*Sebastes paucispinis*) pour la Colombie-Britannique en 2021.

Renseignements de base

En 2002, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a conclu que la population de bocaccio de la Colombie-Britannique est une espèce menacée en 2002. En novembre 2013, le COSEPAC a réévalué SBO et l'a désignée en voie de disparition. Aux termes de la Loi sur les espèces en péril (LEP), une espèce en voie de disparition est une espèce dont la disparition ou l'extinction est imminente. En l'absence d'un avis scientifique à jour, il existe une incertitude quant aux risques pesant sur le stock de SBO de la Colombie-Britannique parce que les niveaux de prises de l'espèce vont probablement augmenter en raison de l'importante vague de recrutement relevée. Cette mise à jour de l'évaluation des stocks a été produite pour examiner le rétablissement prévu décrit dans l'état des stocks de SBO (MPO 2020) de 2019 et pour éclairer les plans de rétablissement du MPO pour cette espèce.

Le bocaccio est omniprésent le long de la côte britanno-colombienne, la plupart des prises sont pêchées près du fond marin, à des profondeurs allant de 60 à 300 m. On semble pêcher le plus d'individus à la limite du plateau continental, près du talus continental, ainsi que le long des bordures des principaux goulets situés dans le bassin de la Reine-Charlotte et dans les sections plus méridionales du détroit d'Hécate (Stanley et coll. 2009). Selon ces auteurs, le SBO est une espèce semi-pélagique grégaire, ce qui indique que les adultes n'occupent probablement pas de sites précis, même s'ils préfèrent les zones rocheuses et les champs de rochers à relief marqué. L'espèce n'est pas aussi longévive que d'autres espèces du genre *Sebastes*, comme le sébaste à longue mâchoire (*S. alutus*) ou le sébaste à œil épineux (*S. aleutianus*). Cette longévité plus faible est une caractéristique qu'on observe aussi chez d'autres *Sebastes* semi-pélagiques (p. ex. la veuve, *S. entomelas*). Les données sur l'âge disponibles montrent que le SBO a une longévité maximale d'environ 50 à 55 ans; on a seulement répertorié un mâle ayant atteint 70 ans et trois individus ayant atteint 60 ans et plus sur un bassin de près de 4 000 observations sur l'âge.

Cette évaluation mise à jour des stocks prolonge l'analyse de 2019 en évaluant une population côtière de la Colombie-Britannique récoltée par deux pêches commerciales : 1) la pêche au

³la côte ouest de Haida Gwaii (25 août au 23 septembre 2020), la côte ouest de l'île de Vancouver (14 mai au 11 juin 2021), le détroit d'Hécate (18 mai au 14 juin 2021), le bassin de la Reine-Charlotte (5 juillet au 13 août 2021)

chalut qui utilise des engins de pêche au chalut de fond et pélagique (Figure 1); et 2) les « autres pêches », qui comprennent la pêche à la palangre du flétan, le casier à morue charbonnière, la pêche à la palangre de la morue-lingue, la pêche à la palangre côtière et la pêche à la traîne du saumon. L'information sur les prises a été mise à jour pour chaque pêche (la somme des débarquements reconstitués et des rejets, Figure 2); les données sur la fréquence selon l'âge, qui n'ont pas été mises à jour, sont seulement disponibles pour la pêche au chalut. Quatre autres points d'indice de relevés synoptiques pour bocaccio se sont accumulés depuis l'évaluation des stocks de 2019 – 2020 pour la côte ouest de Haida Gwaii, et depuis 2021 pour le bassin de la Reine-Charlotte, la côte ouest de l'île de Vancouver et le détroit d'Hécate. En général, les relevés du bassin de la Reine-Charlotte et du DH ont lieu pendant des années impaires, tandis que les relevés de la côte ouest de l'île de Vancouver et de la côte ouest de Haida Gwaii ont lieu pendant des années paires; toutefois, en raison de la COVID-19, le relevé de la côte ouest de l'île de Vancouver a été reporté jusqu'en 2021.

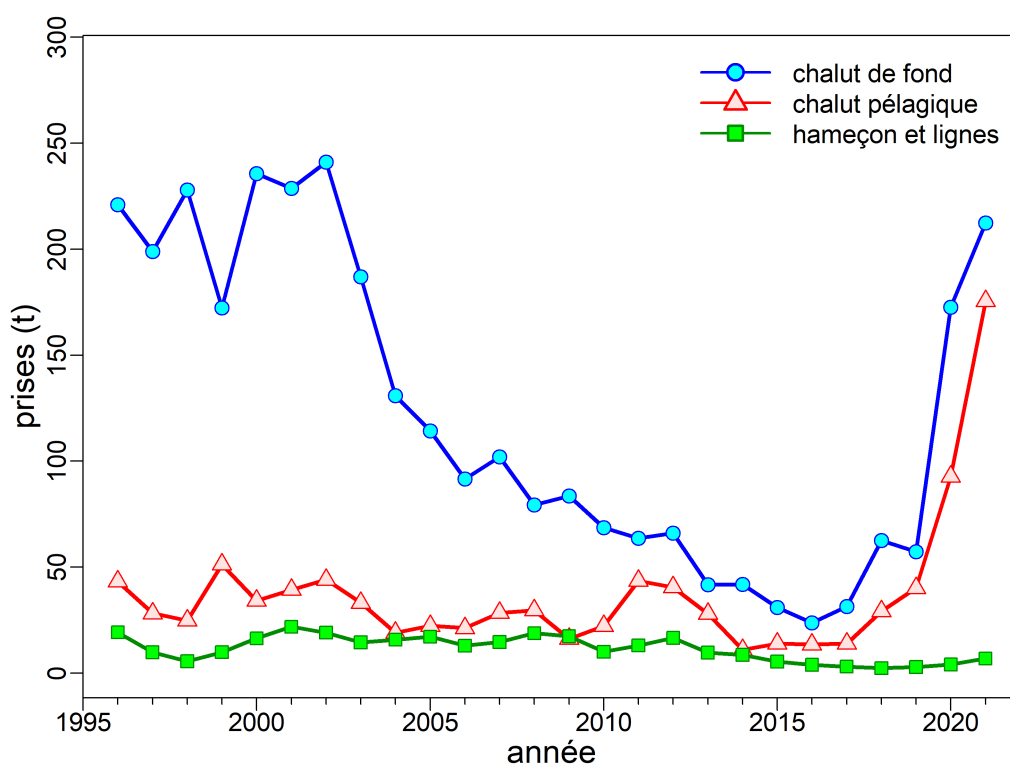


Figure 1. Prises de SBO déclarées (débarquées et remises à l'eau) par engin de pêche depuis la mise en œuvre du programme d'observateurs à bord des chalutiers en 1996.

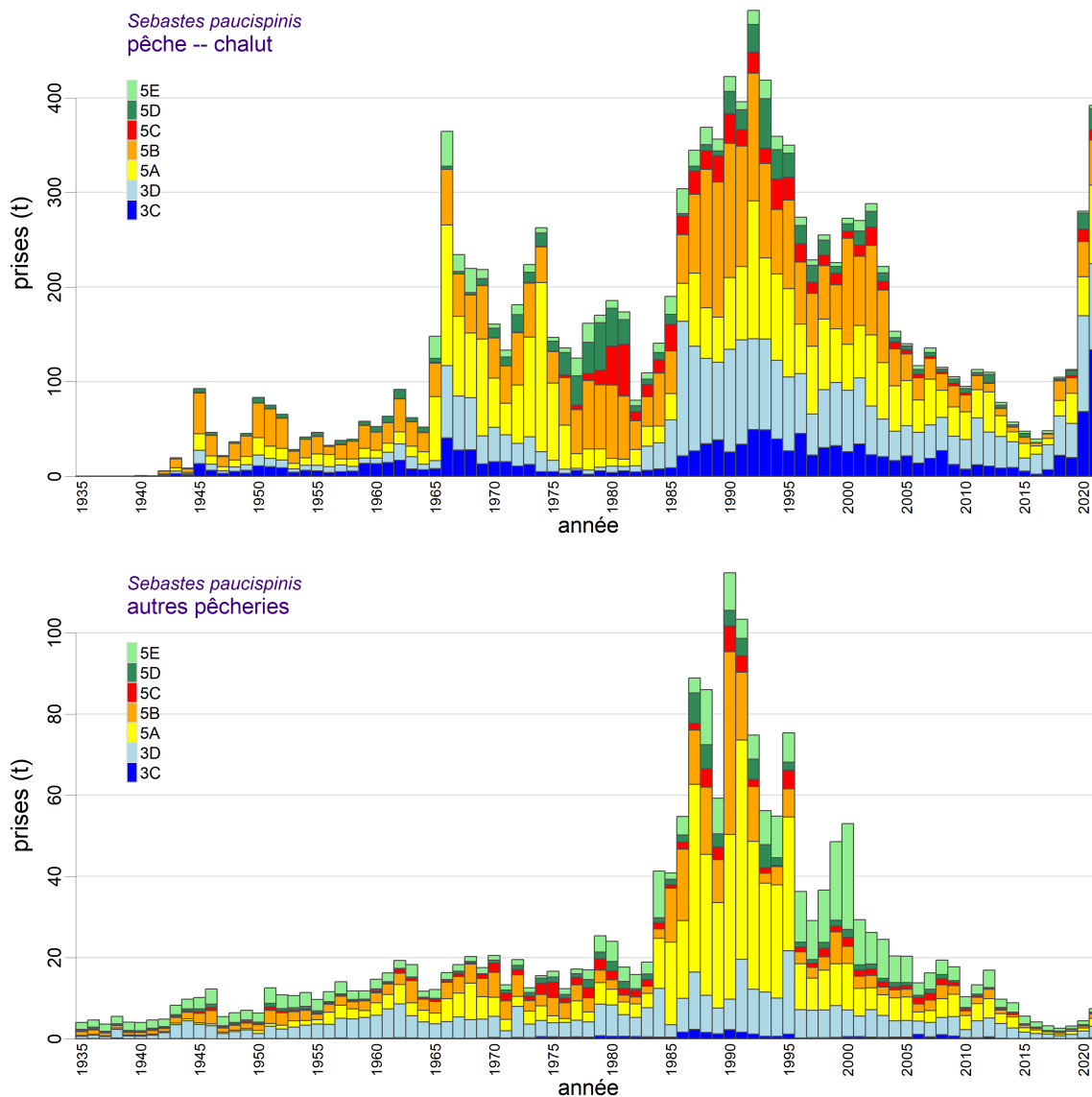


Figure 2. Reconstitution des prises de bocaccio de 1935 à 2021 (jusqu'au 14 octobre) pour la pêche au chalut (haut) et les autres pêches (bas) utilisées dans le modèle d'évaluation des stocks. Les prises de la pêche au chalut et des autres pêches de 2021 ont été ajustées à 450 et 10 tonnes, respectivement, après consultation de l'industrie.

Analyse et réponse

Relevés et longueurs

Le modèle mis à jour n'a pas eu de difficulté à adapter chaque série de relevés, y compris les nouveaux indices de 2020 et de 2021 (Figure 3). La capacité du modèle à s'adapter aux quatre nouveaux points de l'indice de relevé a indiqué que ces nouvelles observations étaient cohérentes entre elles et avec les estimations du modèle de la force du recrutement pour la cohorte de 2016. La valeur de l'indice de 2019 pour le bassin de la Reine-Charlotte, que le modèle n'a pas pu intégrer dans l'évaluation de 2019, demeure une valeur aberrante dans les valeurs actualisées, tandis que la valeur de l'indice de 2021 correspond à la trajectoire globale du stock. Ces valeurs raisonnables par rapport à la plupart des indices du relevé ont été obtenues en dépit du comportement semi-pélagique de cette espèce, qui passe beaucoup de temps loin du fond, ce qui fait que la surveillance de cette espèce au moyen de chaluts de fond est loin d'être idéale. Une erreur relative moyenne de 51% pour 37 valeurs d'indice provenant de ces quatre relevés synoptiques, effectués de 2003 à 2021, témoigne de la faible pertinence apparente de cette méthodologie pour la surveillance de cette espèce.

Les données mises à jour sur la distribution de fréquence de longueur montrent que la cohorte de 2016 de bocaccio est demeurée la seule classe d'âge dominante. Des distributions de fréquences de longueur étaient disponibles pour chaque relevé, corroborant de façon indépendante la présence dans cette cohorte et démontrant que l'abondance accrue de bocaccio dans chaque relevé était entièrement attribuable à cette cohorte. Le relevé le plus important pour cette espèce (relevé synoptique du bassin de la Reine-Charlotte) a montré une progression constante de la taille de la cohorte à mesure que les poissons vieillissaient, bien que la croissance ait semblé ralentir de 2019 à 2021, augmentant de ~40 cm à ~50 cm (Figure 4). À titre de référence, Starr et Haigh (2022) ont déclaré des valeurs L-infini von Bertalanffy de 71 et 69 pour les femelles et les mâles, respectivement. Les trois relevés synoptiques effectués en 2021 ont permis de détecter une plus petite cohorte de poissons mesurant ~20 cm, la taille prévue des poissons d'un an et peut-être l'indice d'un nouveau recrutement (Figures 4 et 5). La progression de la cohorte de 2016 vers des tailles plus grandes est très claire lorsque toutes les données des relevés de recherche sont combinées (Figure 6). La présence continue de la cohorte de 2016 est également corroborée dans la fréquence de longueur des prises des pêches commerciales disponibles, bien qu'il n'y ait pas de données pour 2021 (Figure 6).

Les étapes de maturité de Bocaccio dans les trois relevés synoptiques de 2021 ont été résumées dans le tableau 1. Ce résumé montre que, en moyenne, moins de 5% du SBO dont le stade de maturité a été déterminé ont été jugés « immatures » ou « en maturation », ce qui indique probablement que l'ogive de maturité utilisée dans le modèle a sous-estimé la proportion de SBO matures parce que cette ogive supposait que seulement 30% des SBO de 5 ans étaient matures. Les valeurs du tableau 1 pourraient être quelque peu trompeuses, parce qu'il s'agit de poissons dont le stade de maturité a été déterminé visuellement et, dans certains cas, les poissons jugés « au repos » auraient dû être dans la catégorie « maturation ». Cependant, les deux stades sans ambiguïté (« mature » et « de réforme ») représentent en moyenne plus de 30% des observations de poissons dont le stade de maturité a été déterminé. Ce total, combiné à ce qui est susceptible d'être une fraction raisonnablement importante de la catégorie « au repos », indique que l'ogive de maturité utilisée dans le modèle peut avoir sous-estimé la taille de la population reproductrice, la rendant encore plus importante.

Table 1. Pourcentage de femelles bocaccio (>30 cm de longueur totale) à chaque stade de maturité enregistré à partir des trois relevés synoptiques qui ont été effectués en 2021 (bassin de la Reine-Charlotte [BRC], DH et côte ouest de l'île de Vancouver [COIV]; identifiants de voyage indiqués entre parenthèses).

Maturité Stage	BRC (85990)	DH (85930)	COIV (85950)	Total
Immature	0	0	0	0
Maturation	3,86	2,27	5,41	4,31
Mature	7,30	14,77	10,04	9,66
Fertilisé	0	0	0	0
Embryons/larves	0	0	0	0
Réformé	18,03	7,95	30,12	21,90
Dormant	70,82	75	54,44	64,14
Total	100	100	100	100

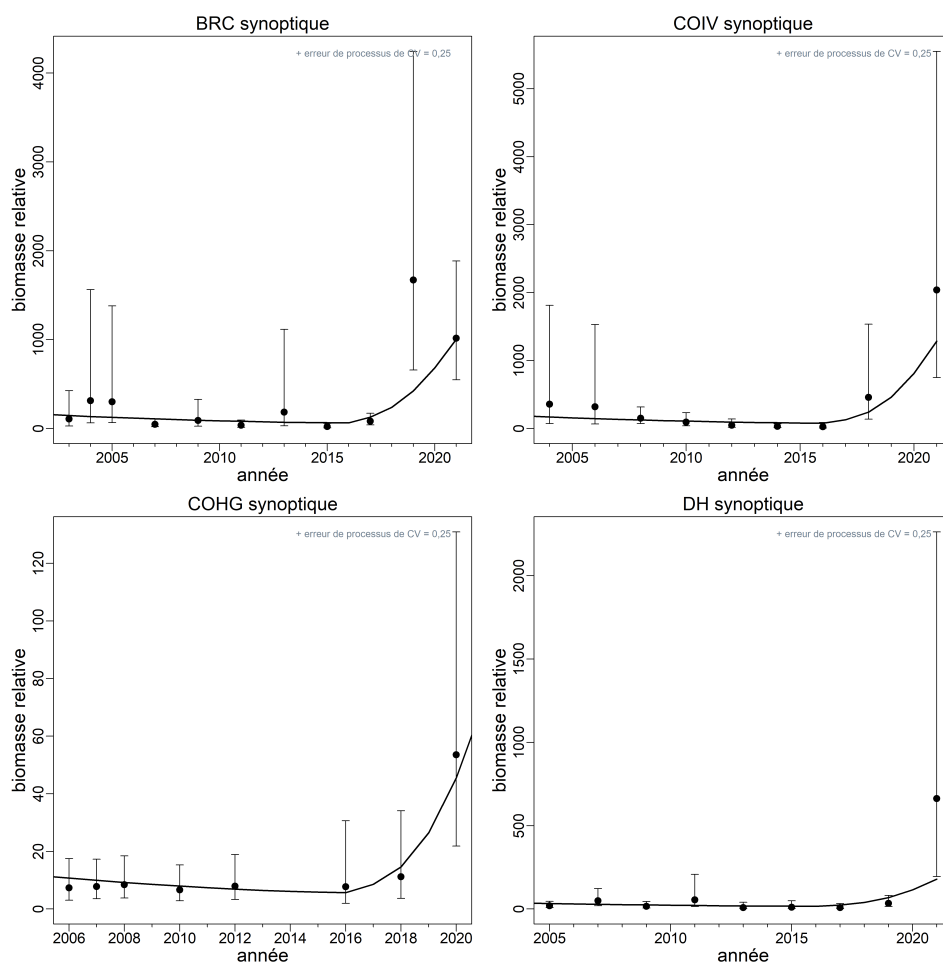


Figure 3. Exécution centrale : valeurs de l'indice du relevé (points) avec des intervalles de confiance à 95% (barres) et des ajustements du modèle selon le mode de distribution a posteriori (courbes) pour la série de relevés synoptiques.

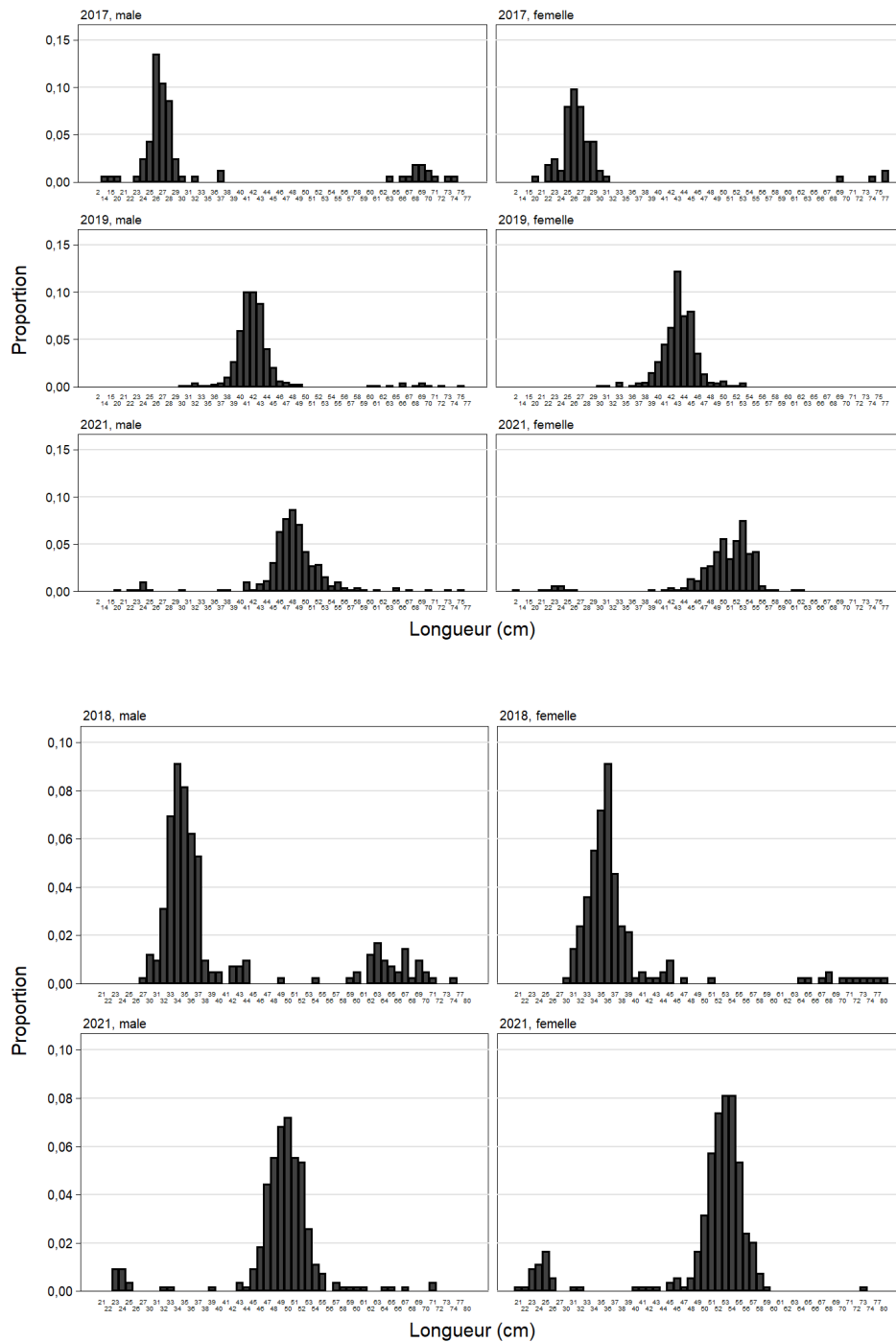


Figure 4. Distribution des fréquences de longueur observée selon l'année et le sexe dans les séries de relevés synoptiques du bassin de la Reine-Charlotte (en haut) et de la côte ouest de l'île de Vancouver (en bas).

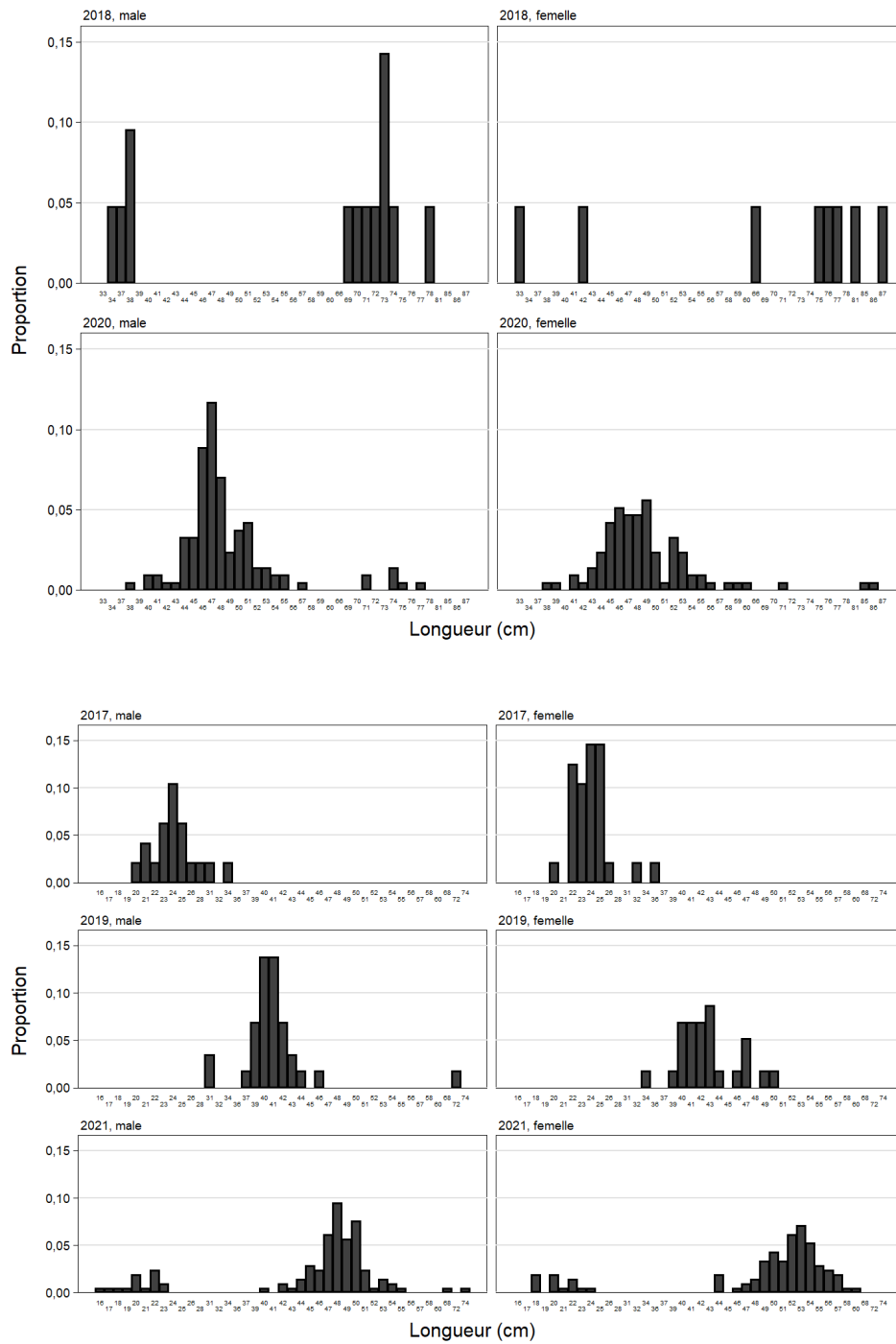


Figure 5. Distribution de fréquences de longueur observée selon l'année et le sexe dans les séries de relevés synoptiques de la côte ouest de Haida Gwaii (en haut) et du détroit d'Hécate (en bas).

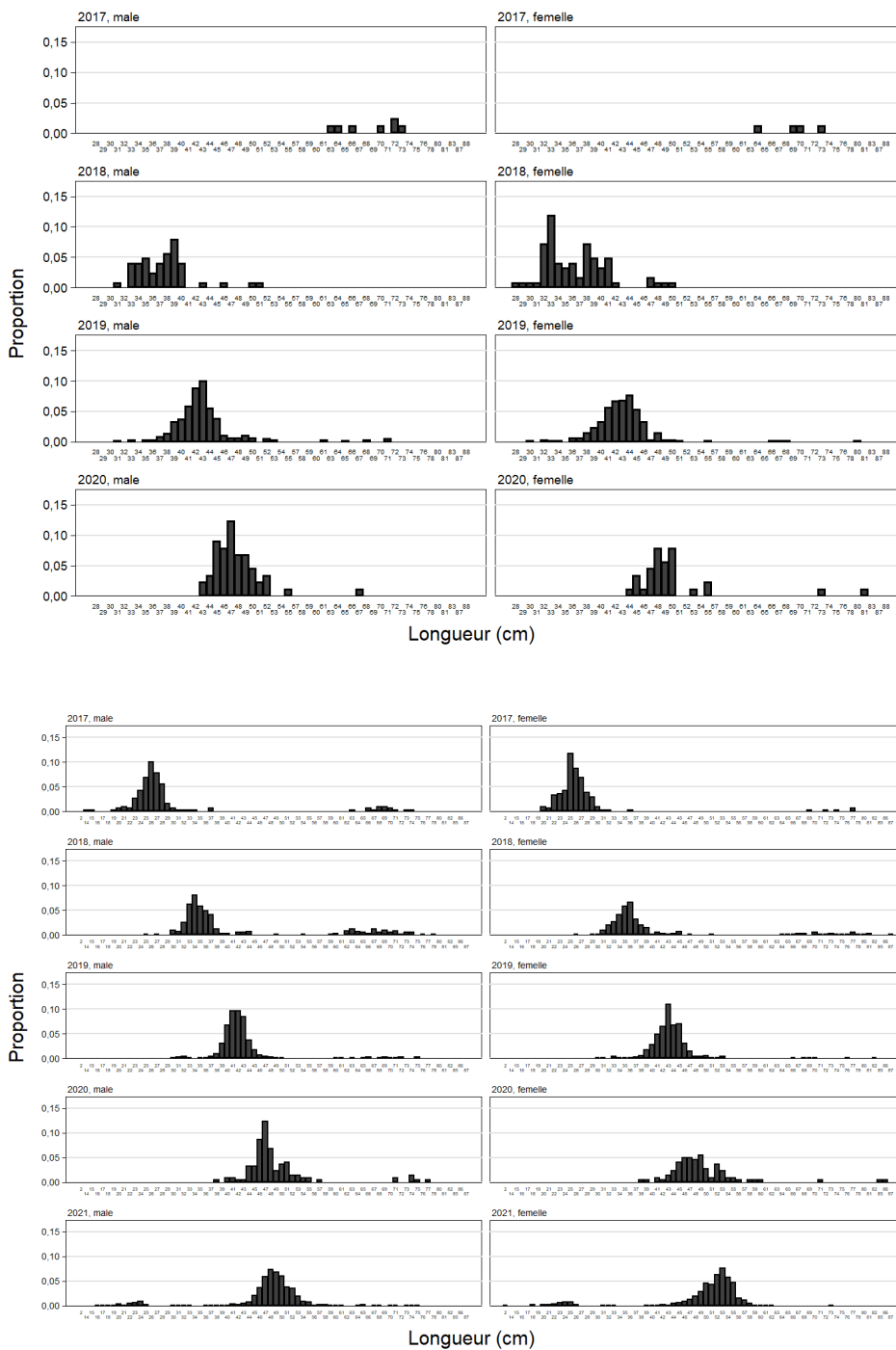


Figure 6. Distribution de fréquences de longueur observée selon l'année et le sexe dans les pêches commerciales au chalut (en haut) et les relevés de recherche combinés (en bas).

Scénario de référence composite

La mise à jour du scénario de référence composite de 2019 du bocaccio comprenait trois cycles qui couvraient un axe important d'incertitude (M) pour l'évaluation du stock.

- **B1** (Exé01) – fixed $M = 0.07$ for both sexes and set $A = 50$;
- **B2** (Exé02) – fixed $M = 0.08$ for both sexes and set $A = 50$;
- **B3** (Exé03) – fixed $M = 0.09$ for both sexes and set $A = 50$.

Pour chaque cycle, 1 000 échantillons de la méthode de MCMC ont été regroupés afin de fournir une moyenne de la trajectoire du stock pour l'état de la population et l'avis à l'intention des gestionnaires. L'évaluation des stocks examinée en 2019 a conclu que l'estimation M n'était pas possible étant donné la nature non informative des données, les estimations du modèle de densité a posteriori ne variant pas par rapport aux moyennes antérieures. De plus, les cycles dont les estimations étaient de M présentaient un comportement instable de la méthode de MCMC sans convergence.

Les estimations de la médiane des paramètres du scénario de référence composite mis à jour figurent dans le tableau 2 et les quantités dérivées à l'équilibre et associées au rendement maximal durable (RMD), dans le tableau 3. Les différences entre les exécutions sont résumées par diverses figures :

- Figure 7 – Traces de la méthode de MCMC de R_0 (recrutement à l'équilibre non exploité) pour les trois cycles composant le scénario de référence;
- Figure 8 – Trois segments des chaînes pour chaque composant R_0 a posteriori;
- Figure 9 – Diagrammes d'autocorrélation pour chaque composant R_0 a posteriori;
- Figure 10 – Diagrammes de quartiles des estimations des paramètres à partir de trois exécutions;
- Figure 11 – Diagrammes de quantiles de certaines quantités dérivées à partir de trois exécutions.

Diverses trajectoires de modèles et l'état final des stocks pour le scénario de référence sont présentés dans les figures suivantes :

- Figure 12 – (Estimations de la biomasse féconde B_t (tonnes) à partir des valeurs a posteriori regroupées du modèle;
- Figure 13 – Estimations de la biomasse vulnérable V_t (tonnes) à partir des valeurs a posteriori regroupées du modèle;
- Figure 14 – Estimations du taux d'exploitation u_t à partir des valeurs a posteriori regroupées du modèle;
- Figure 15 – Estimations du recrutement reconstitué (1935 à 2022) et projeté (2023 à 2032) R_t (en milliers de poissons d'un an) à partir des valeurs a posteriori regroupées du modèle;
- Figure 16 – Diagramme de phase dans le temps de la médiane de B_t/B_{RMD} et de u_{t-1}/u_{RMD} par rapport aux points de référence selon l'approche de précaution (AP) du MPO;
- Figure 19 – SBO État du stock au début de 2022.

Dans le cadre de l'évaluation des stocks de 2019, on a déterminé que l'incertitude concernant M était la composante la plus importante de l'incertitude relative à cette évaluation du stock, surtout lorsqu'il n'était pas possible d'estimer ce paramètre de façon fiable. D'autres sources

d'incertitude ont été explorées au moyen d'analyses de sensibilité, qui n'ont pas été répétées dans la présente mise à jour.

Les trois exécutions décrites ci-dessus ont convergé avec des diagnostics acceptables de la méthode de MCCM. Figures 7-9 affichent les diagnostics pour le paramètre R_0 dans chacune des trois exécutions montrant la convergence pour les trois exécutions et l'autocorrélation minimale. Figure 10 indique la distribution a posteriori des paramètres estimés pour chaque exécution. Les exécutions présentaient des distributions a posteriori très similaires pour les paramètres de sélectivité (Figure 10) tandis que les paramètres R_0 , h et q variaient avec M , avec une augmentation de R_0 et une diminution des estimations de h et q avec une augmentation de M .

Le scénario de référence composite, comprenant trois exécutions de simulation de la méthode de MCCM regroupées, a servi à calculer un ensemble d'estimations de paramètres (tableau 2, les définitions des paramètres de l'annexe E de Starr et Haigh 2022) et à déterminer les valeurs à l'équilibre ainsi que les valeurs associées au rendement maximal durable (RMD) (tableau 3). La trajectoire de la population du scénario de référence composite de 1935 à 2022 et la biomasse projetée à 2022 (Figure 12), en supposant une politique de prises constantes de 500 t/an, indique que la biomasse médiane du stock dépassait le point de référence supérieure (PRS) du stock dans 2022, ce qui était plus tôt que prévu dans l'évaluation de 2019.

Les diagrammes de la biomasse vulnérable pour chaque pêche montrent une forte réaction à la présence de la cohorte de 2016 (Figure 13). Le diagramme du taux d'exploitation pour la pêche au chalut montre que le taux d'exploitation, bien que faible (inférieur à 0,04), a récemment augmenté légèrement pour la pêche au chalut (Figure 14). Figure 15 montre la taille immense de la cohorte de 2016 par rapport à toutes les classes d'âge précédentes et aux recrutements prévus.

Un diagramme de phase de l'évolution temporelle de la biomasse féconde et du taux d'exploitation dans les deux pêches modélisées dans l'espace du RMD (Figure 16) porte à croire que le stock se trouve dans la zone critique depuis la fin des années 1990, mais est maintenant dans une position (2022) actuelle qui se trouve à l'intérieur de la zone saine à $B_{2022}/B_{RMD} = 1,499$ (0,625, 3,416), $u_{2021(\text{trawl})}/u_{RMD} = 0,24$ (0,106, 0,487), et $u_{2021(\text{other})}/u_{RMD} = 0,006$ (0,003, 0,013).

Table 2. Les quantiles 0,05, 0,5 et 0,95 pour les paramètres du modèle regroupés (defined in Appendix E) à partir de l'estimation selon la méthode de MCCM de trois exécutions.

Paramètre	5%	50%	95%
R_0	824	1 990	5 262
h	0,683	0,810	0,930
q_1	0,0181	0,0332	0,0544
q_2	0,0226	0,0411	0,0671
q_3	0,00168	0,00304	0,00487
q_4	0,00478	0,00889	0,0148
q_5	0,0333	0,0576	0,0901
q_6	0,0134	0,0222	0,0344
q_7	0,000199	0,000327	0,000454
μ_1	7,85	11,8	15,9
μ_2	7,29	9,62	12,7
μ_3	7,85	11,5	15,8
μ_4	8,84	12,8	17,4
μ_7	9,22	11,0	13,2
Δ_1	0,490	0,965	1,45
Δ_2	0,387	0,857	1,35
Δ_3	0,443	0,962	1,46
Δ_4	0,466	0,951	1,42
Δ_7	0,566	1,00	1,47
$\log v_{1L}$	3,52	4,42	5,21
$\log v_{2L}$	2,89	3,72	4,50
$\log v_{3L}$	2,98	4,02	4,95
$\log v_{4L}$	3,30	4,17	4,95
$\log v_{7L}$	2,85	3,44	4,02

Table 3. Les quantiles 0,05, 0,5 et 0,95 des quantités calculées selon la méthode de MCCM à partir de 3 000 échantillons regroupés de trois valeurs de la méthode de MCCM a posteriori. Définitions : B_0 – biomasse féconde à l'équilibre non exploitée (femelles matures), V_0 – biomasse vulnérable à l'équilibre non exploitée (mâles et femelles), B_{2022} – biomasse féconde au début de 2022, V_{2022} – biomasse vulnérable au milieu de 2022, u_{2021} – taux d'exploitation (rapport entre les prises totales et la biomasse vulnérable) au milieu de 2021, u_{max} – taux d'exploitation maximal (calculé pour chaque échantillon comme taux d'exploitation maximal de 1935 à 2021), B_{RMD} – biomasse féconde à l'équilibre au rendement maximal durable (RMD), u_{RMD} – taux d'exploitation à l'équilibre au RMD, V_{RMD} – biomasse vulnérable à l'équilibre au RMD. Les valeurs de la biomasse (et du RMD) sont exprimées en tonnes. À titre de référence, les prises moyennes pour les cinq dernières années (2017 à 2021) étaient de 204 t.

Quantité	5%	50%	95%
B_0	19 534	37 530	81 442
V_0 (chalut)	33 050	63 675	140 538
V_0 (autres)	32 380	62 317	135 280
B_{2022}	7 348	13 080	25 740
V_{2022} (chalut)	13 119	24 332	48 673
V_{2022} (autre)	11 575	20 457	39 984
B_{2022}/B_0	0,176	0,357	0,633
V_{2022}/V_0 (chalut)	0,188	0,382	0,706
V_{2022}/V_0 (autre)	0,165	0,336	0,598
u_{2021} (chalut)	0,0149	0,0300	0,0551
u_{2021} (autre)	0,000402	0,000781	0,00137
u_{max} (chalut)	0,0377	0,0599	0,0808
u_{max} (autre)	0,00667	0,00985	0,0127
RMD	1 067	2 118	4 818
B_{RMD}	3 814	8 948	21 622
$0.4B_{RMD}$	1 525	3 579	8 649
$0.8B_{RMD}$	3 051	7 159	17 298
B_{2022}/B_{RMD}	0,625	1,50	3,42
B_{RMD}/B_0	0,183	0,238	0,286
V_{RMD}	7 470	16 959	41 936
V_{RMD}/V_0 (chalut)	0,211	0,269	0,319
V_{RMD}/V_0 (autre)	0,212	0,275	0,335
u_{RMD}	0,0900	0,124	0,176
u_{2021}/u_{RMD} (chalut)	0,106	0,240	0,487
u_{2021}/u_{RMD} (autre)	0,00266	0,00623	0,0134

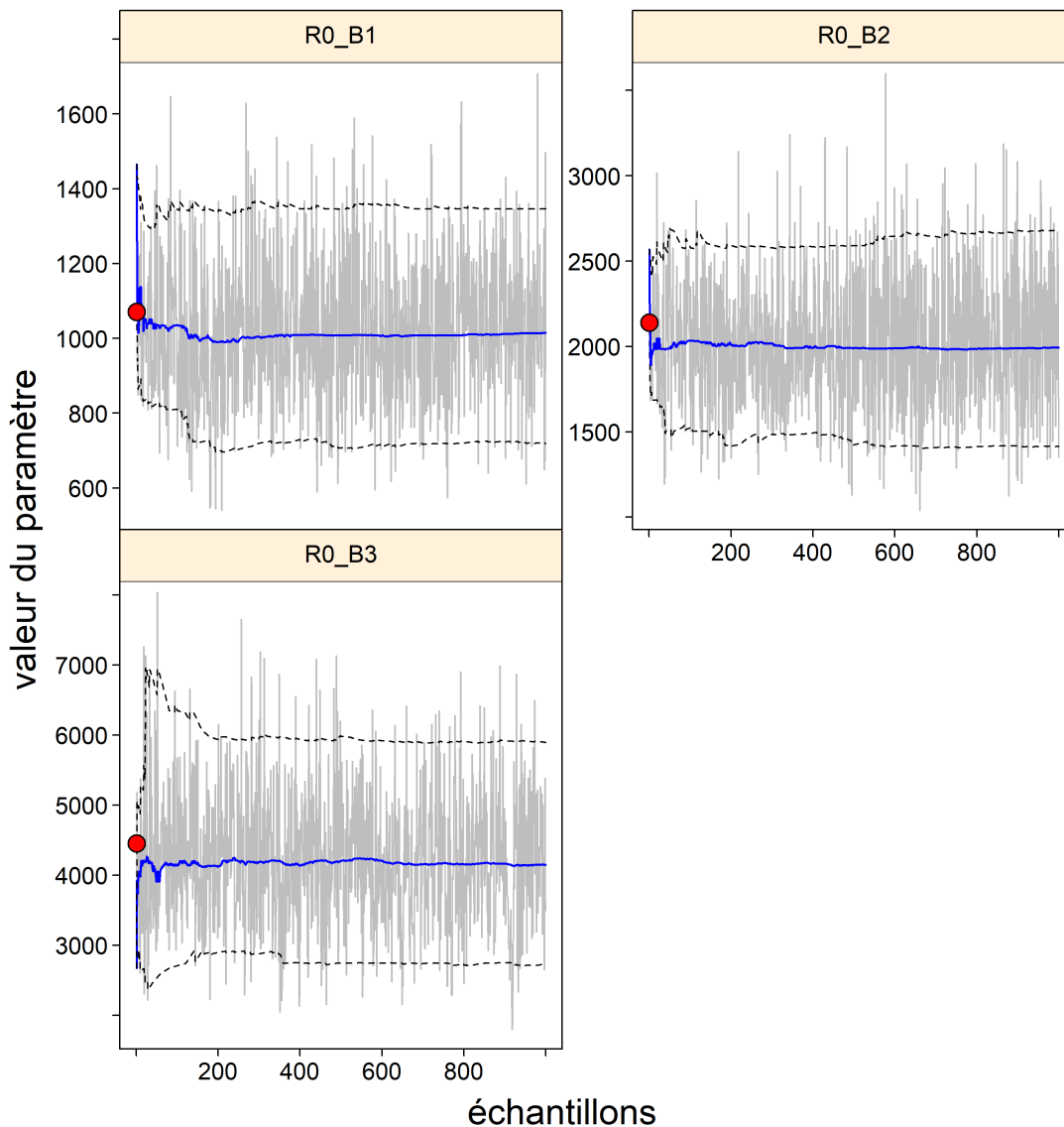


Figure 7. Exécution : Les traces de la méthode de MCMC de R_0 pour les trois scénarios de référence composites. Les lignes grises montrent les 1 000 échantillons pour le paramètre R_0 , les lignes pleines indiquent la médiane cumulative (jusqu'à cet échantillon) et les lignes pointillées indiquent les quantiles cumulatifs 0,05 et 0,95. Les cercles rouges représentent les estimations du mode de distribution a posteriori.

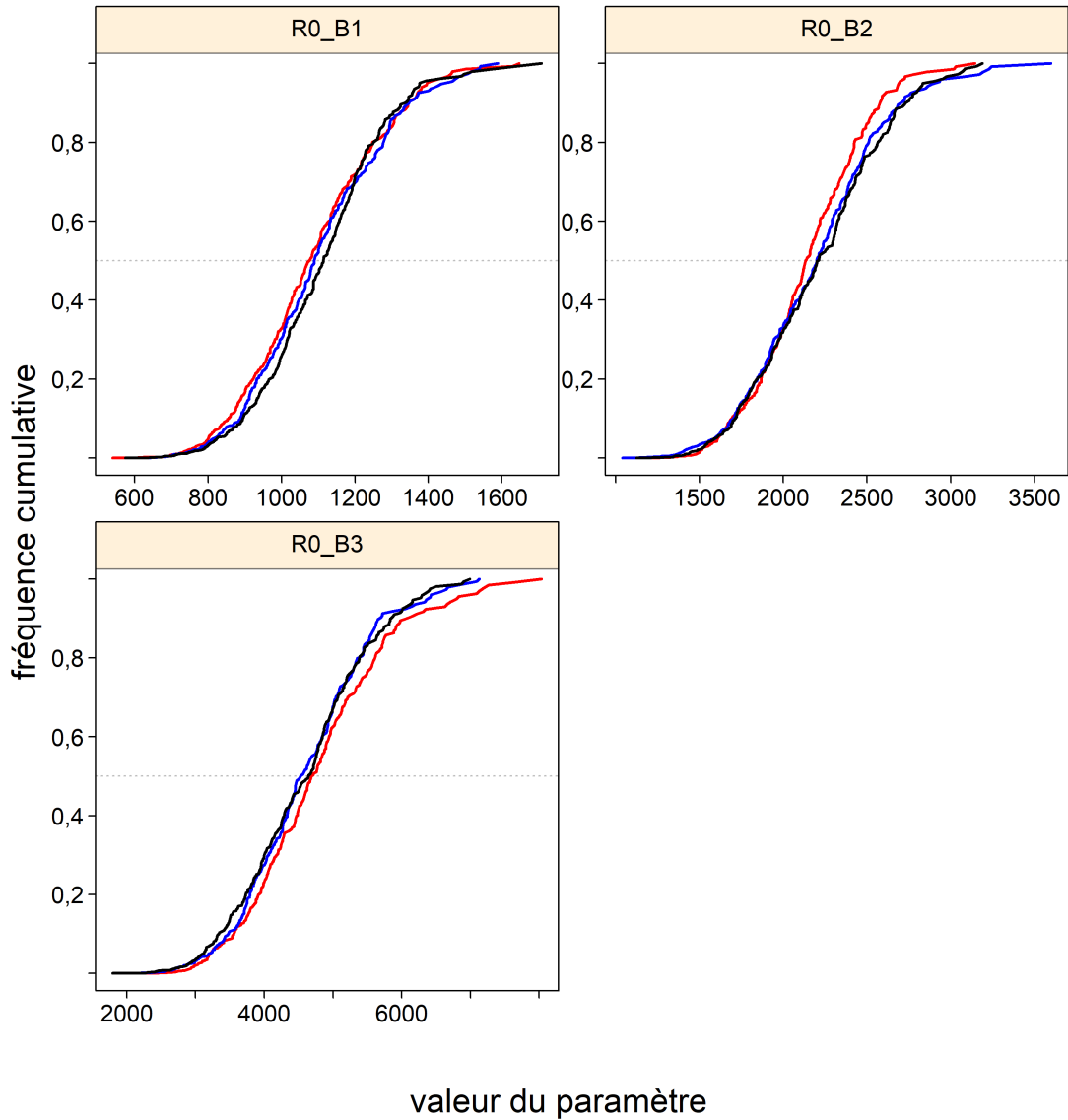


Figure 8. Component base: diagnostic plots obtained by dividing the R_0 MCMC chains of 1 000 MCMC samples into three segments, and overplotting the cumulative distributions of the first segment (red), second segment (blue) and final segment (black).

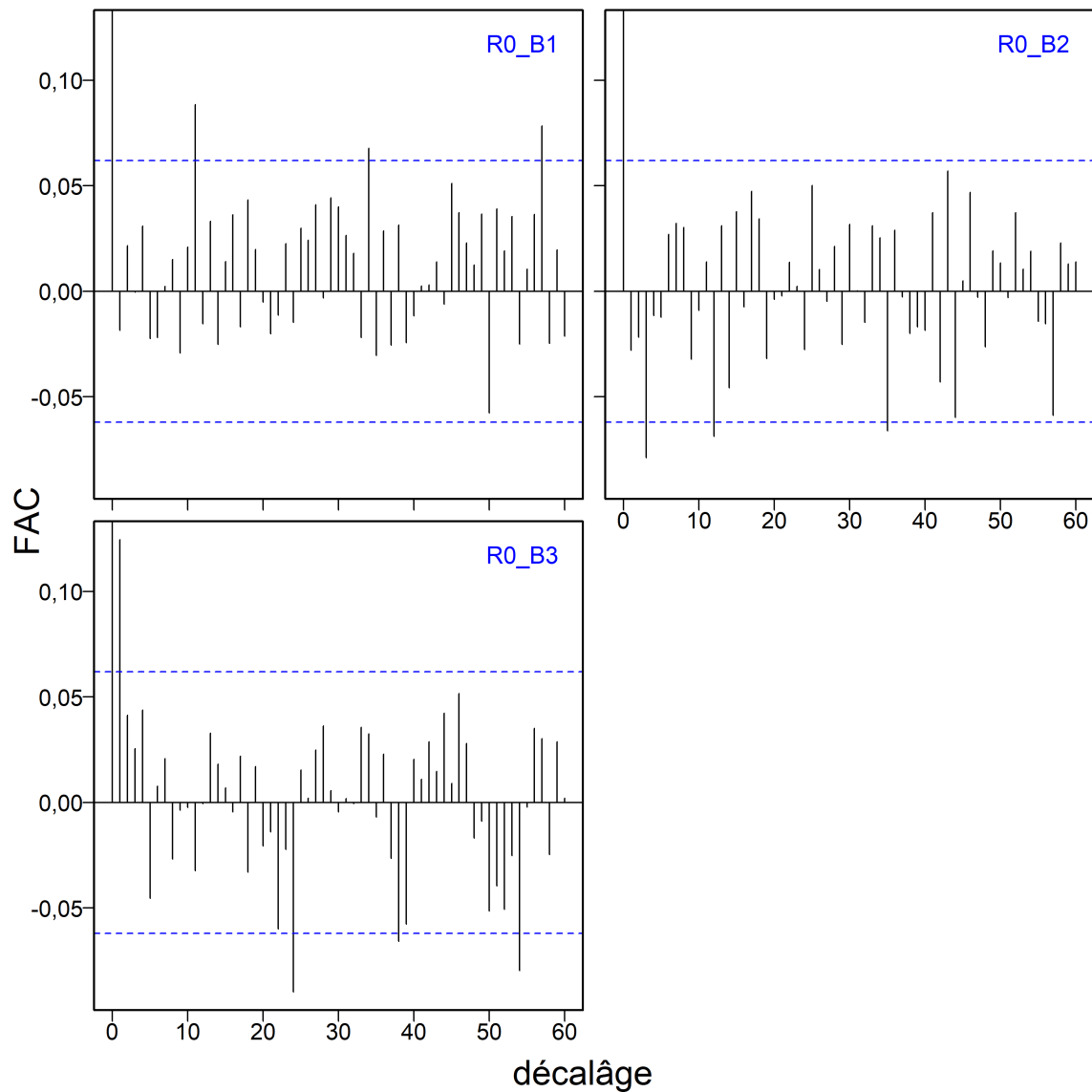


Figure 9. Exécution : Diagrammes d'autocorrélation pour les paramètres R_0 de l'exécution provenant des résultats de la méthode de MCCM. Les lignes bleues horizontales pointillées délimitent l'intervalle de confiance de 95% pour l'ensemble de corrélations décalées de chaque paramètre.

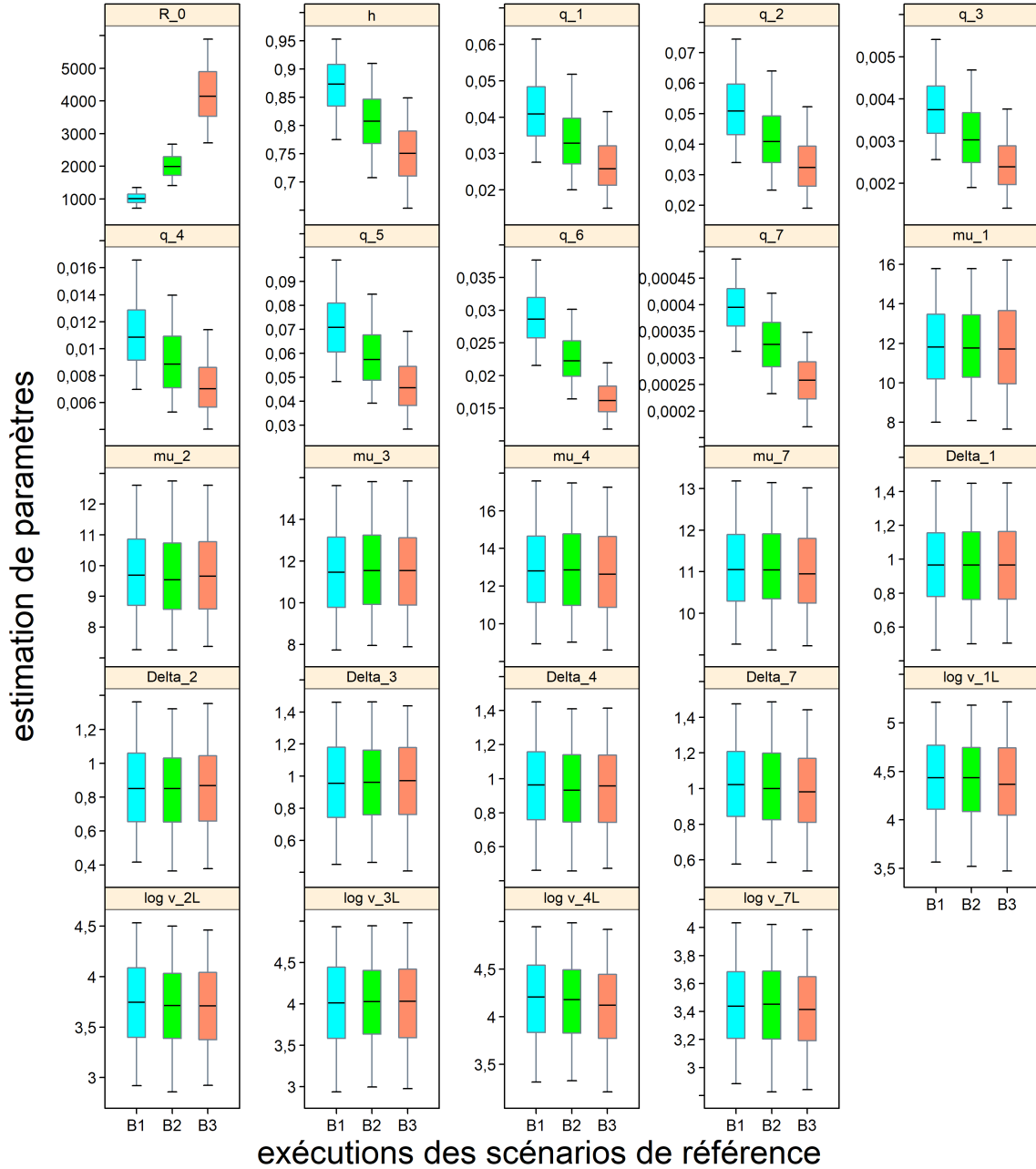


Figure 10. Exécution : Diagrammes de quantiles des paramètres estimés à partir de trois exécutions du scénario de référence, où les boîtes bleues indiquent $M=$, les boîtes vertes indiquent $M=0,08$ et les boîtes rouges indiquent $M=0,09$. Les diagrammes en boîtes délimitent les quantiles 0,05, 0,25, 0,5, 0,75 et 0,95.

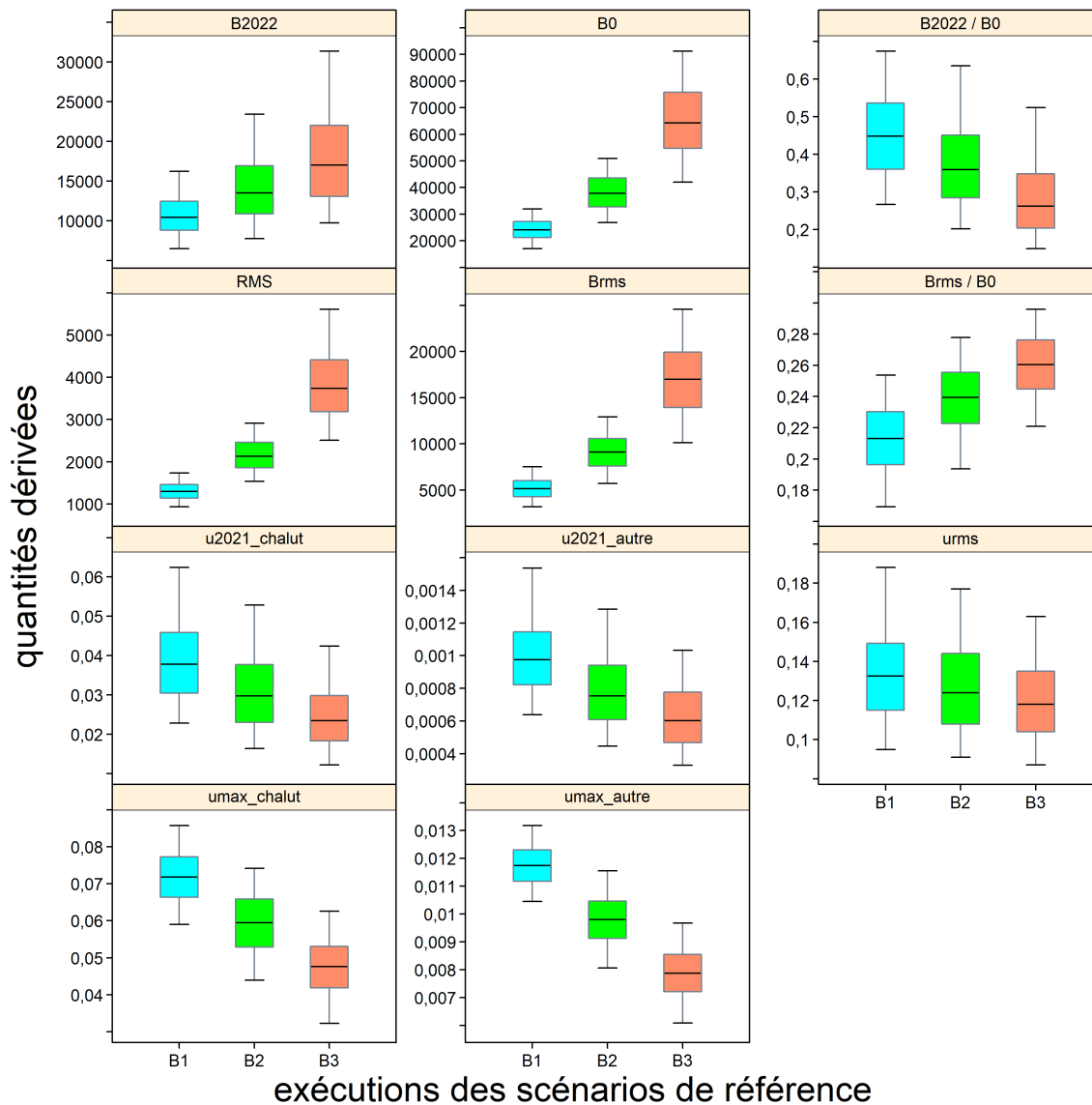


Figure 11. Exécution : Diagrammes de quantiles de certaines quantités dérivées (B_{2022} , B_0 , B_{2022}/B_0 , RMD , B_{RMD} , B_{RMD}/B_0 , u_{2021} , u_{RMD} , u_{max}) à partir de trois exécutions du scénario de référence, où les boîtes bleues indiquent $M=0,07$, les boîtes vertes indiquent $M=0,08$ et les boîtes rouges indiquent $M=0,09$. Les diagrammes en boîtes délimitent les quantiles 0,05, 0,25, 0,5, 0,75 et 0,95.

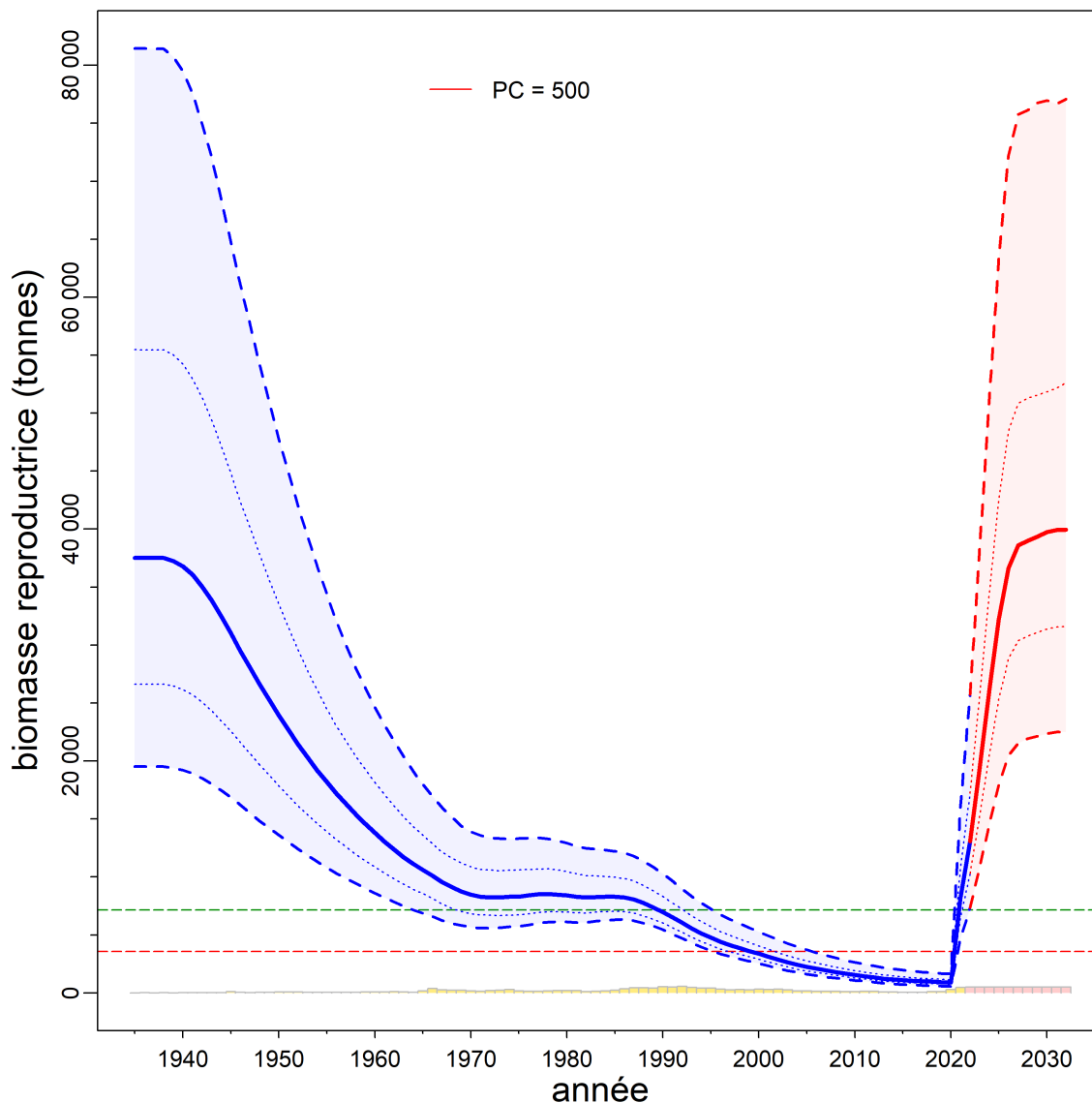


Figure 12. Exécution : Estimations de la biomasse féconde B_t (tonnes) à partir des valeurs a posteriori regroupées du modèle. La trajectoire de la médiane de la biomasse est représentée par une ligne pleine entourée de son intervalle de crédibilité à 90% (quantiles : 0,05-0,95) en bleu pâle et délimitée par des lignes pointillées pour les années $t=1935:2022$; la biomasse projetée apparaît en rouge pâle pour les années $t=2023:2032$. L'intervalle de crédibilité à 50% (quantiles : 0,25-0,75) est également délimité par des lignes pointillées. Les lignes tiretées horizontales indiquent la médiane du PRL et du PRS. Les prises sont représentées sous forme de barres le long de l'axe inférieur et la politique de capture présumée se trouve dans la légende, où PC = prises constantes (t/a).

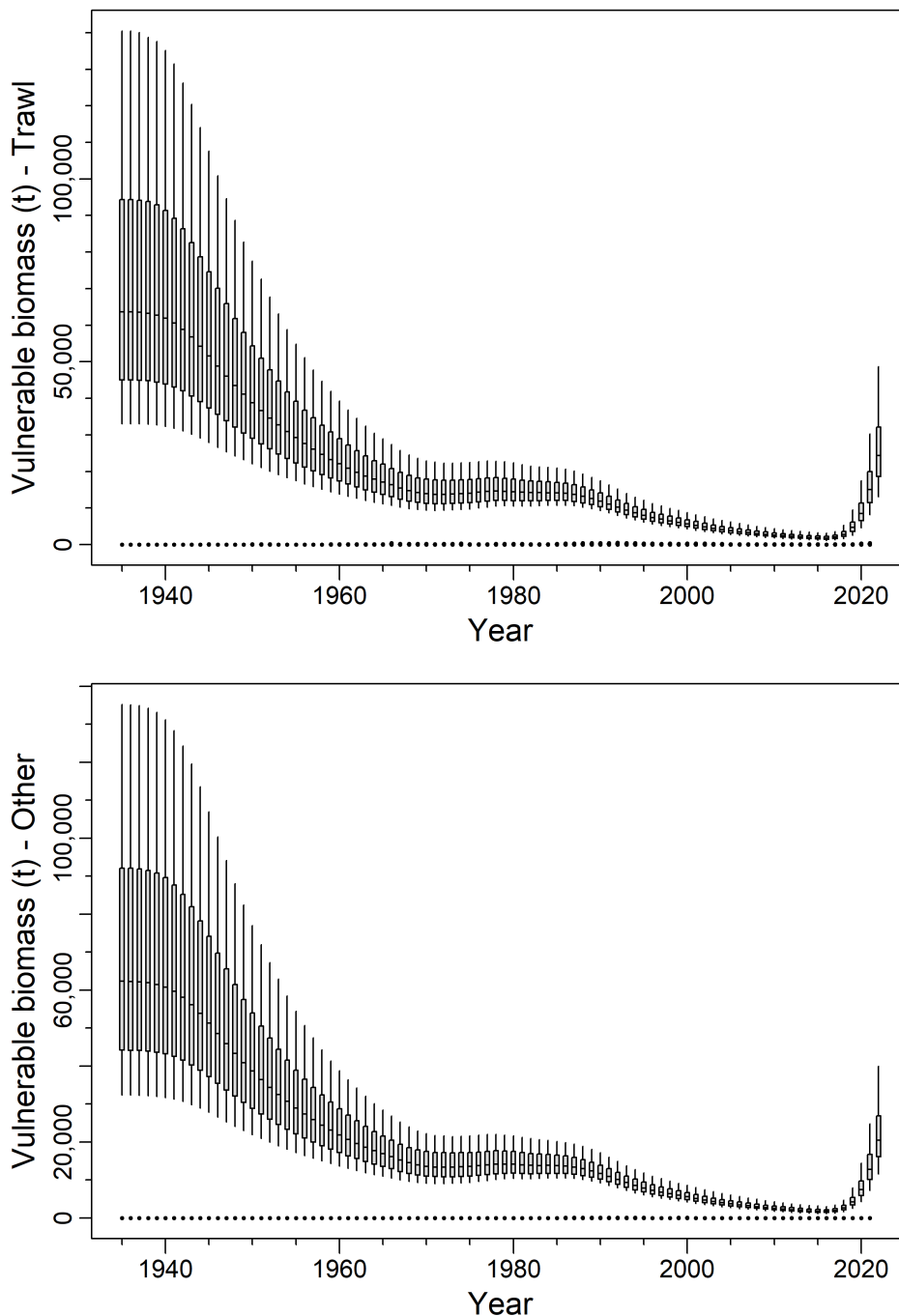


Figure 13. Scénario de référence composite : Estimation de la trajectoire de la biomasse vulnérable pour les deux pêches (diagrammes en boîtes) et historique des prises commerciales (barres verticales), en tonnes. Les diagrammes en boîtes montrent les quantiles 0,05, 0,25, 0,5, 0,75 et 0,95 des résultats de la méthode de MCCM.

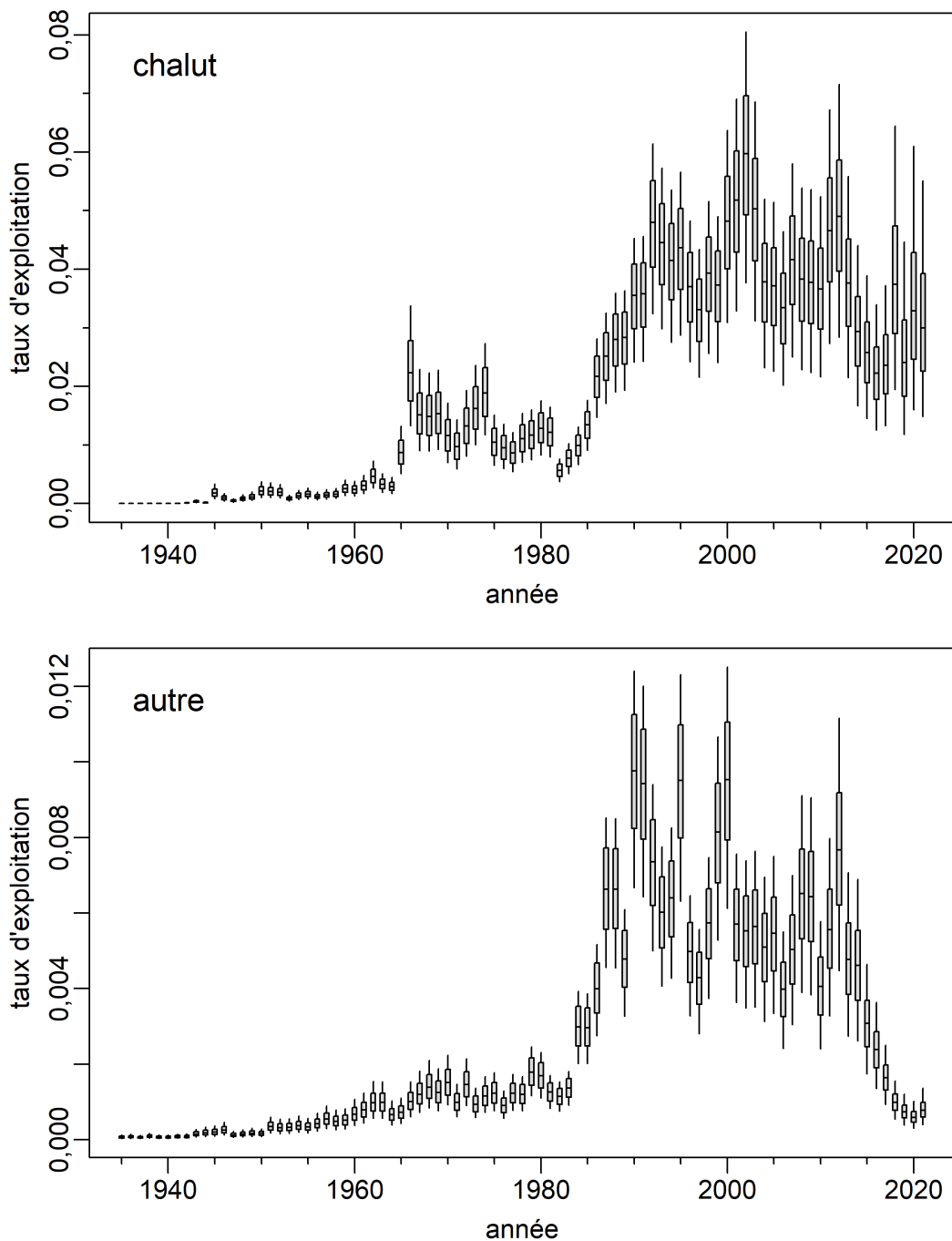


Figure 14. Scénario de référence composite : Distribution a posteriori marginale de la trajectoire du taux d'exploitation pour les deux pêches. Les diagrammes en boîtes montrent les quantiles 0,05, 0,25, 0,5, 0,75 et 0,95 des résultats de la méthode de MCCM.

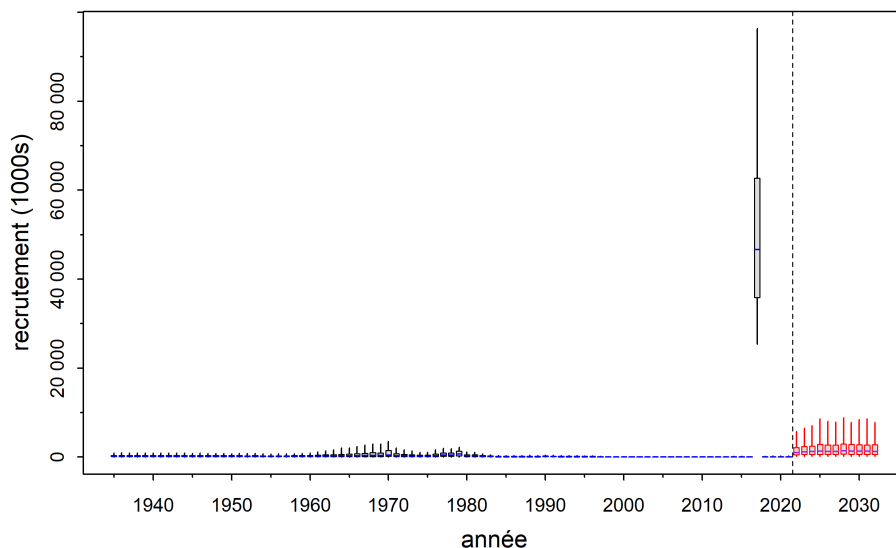


Figure 15. Scénario de référence composite : Distribution a posteriori marginale de la trajectoire du recrutement (reconstituée : 1935 à 2021, projetée : 2023 à 2032) en milliers de poissons d'âge 1.

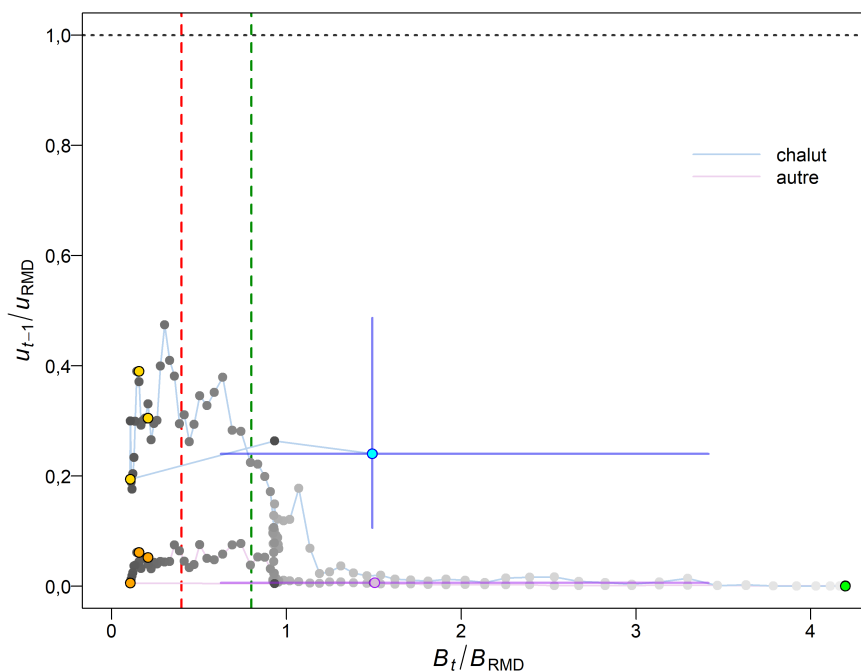


Figure 16. Scénario de référence composite : Diagramme de phase dans le temps des médianes des rapports B_t/B_{RMD} (biomasse féconde de l'année t par rapport à B_{RMD}) et u_{t-1}/u_{RMD} (le taux d'exploitation de l'année $t - 1$ par rapport à u_{RMD}) pour les deux pêches (chalut/autre). Le cercle plein vert est l'année de début (1935). Les années passent ensuite d'une ligne à l'autre, du bleu pâle au violet. La fin de la dernière année (2021) est représentée par un cercle plein cyan ou violet; les lignes bleues/violettes transversales représentent les quantiles 0,05 et 0,95 des distributions a posteriori pour la dernière année. Les années d'évaluation précédentes (2008, 2012 et 2019) sont indiquées par des cercles dorés ou oranges. Les lignes pointillées verticales rouges et vertes indiquent les points de référence limite et supérieur selon l'approche de précaution (0,4, 0,8 B_{RMD}), et la ligne horizontale grise pointillée indique u au RMD.

Comparaison avec l'évaluation précédente

Cette évaluation actualisée des stocks de bocaccio pour 2021 semblait encore plus optimiste que l'évaluation menée en 2019 en ce qui concerne le rétablissement du stock. Une comparaison des trajectoires composites de l'épuisement de la biomasse féconde de 2019 et de 2021 (Figure 17) a montré une diminution un peu plus importante au cours de la période de la trajectoire, mais a convergé d'ici 2020 avec l'introduction de la cohorte de 2016 dans la population reproductrice. Il est à noter qu'il y a un bon chevauchement entre les enveloppes de crédibilité a posteriori des deux évaluations des stocks, ce qui indique qu'il y a une bonne concordance entre les deux analyses. L'évaluation des stocks de 2019 semblait avoir sous-estimé le rétablissement par rapport à cette mise à jour de 2021, les estimations de la biomasse de 2021 et de 2022 étant plus élevées que les projections équivalentes de 2019, même si les prises réelles dépassaient les prises prévues. Cela s'explique probablement par le fait que cette évaluation mise à jour a permis d'estimer une cohorte encore plus importante en 2016 que l'évaluation des stocks de 2019 (indiquée par les poissons de 1 an en 2017, Figure 18): $R_{2017} = 47$ (25, 96) millions de poissons âgés de 1 an par rapport à 25 (12, 59) millions de poissons âgés de 1 an dans l'évaluation des stocks de 2019. Auparavant, l'évaluation des stocks de SBO prévoyait que la biomasse féconde médiane en 2022 se situerait à la limite des zones saine et de prudence (à $0,8B_{RMD}$), en supposant des prises prévues de 200 t/an, mais cette estimation actualisée de B_{2022}/B_{RMD} place fermement le stock dans la zone saine (Figure 19).

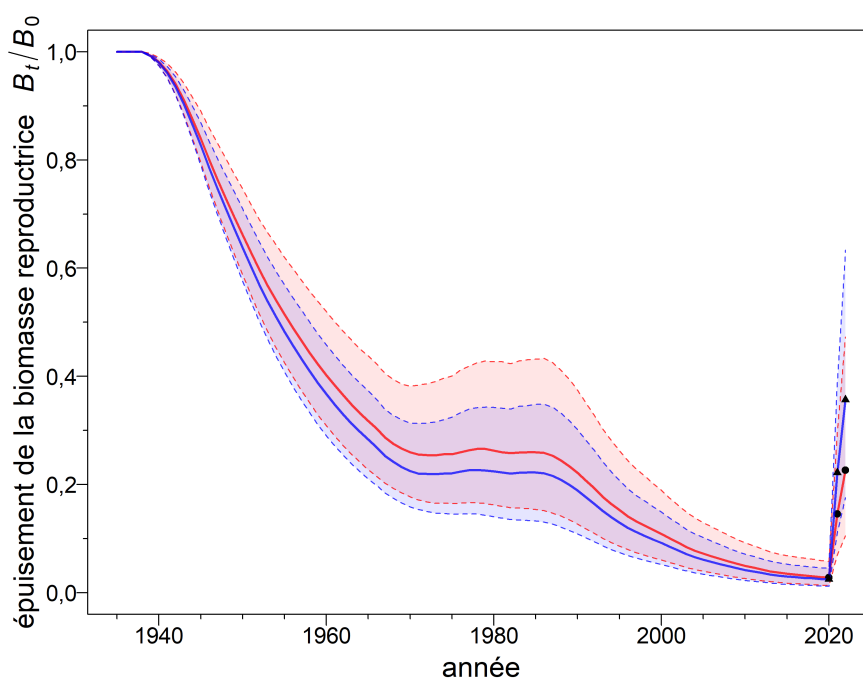


Figure 17. Scénario de référence composite : Comparaison des estimations de la méthode de MCCM de l'épuisement des stocks reproducteurs (B_t/B_0) de la mise à jour actuelle (2021) de l'évaluation des stocks (bleu) à celle estimée dans l'évaluation des stocks de 2019 (rouge). Les trois dernières années du modèle (de 2020 à 2022) sont représentées sous forme de triangles pour la mise à jour (toutes les trajectoires du modèle) et de cercles pour l'évaluation précédente (les deux dernières années étaient des projections fondées sur une politique de prises de 200 t/y). Les enveloppes de crédibilité (lignes pointillées) délimitent les quantiles de 0,05 et de 0,95.

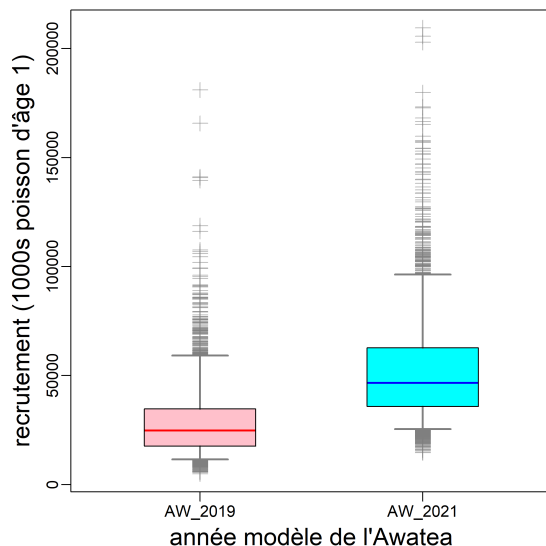


Figure 18. Scénario de référence composite : La comparaison des estimations de recrutement de la méthode de MCCM pour les poissons d'un an en 2017 à partir du modèle Awatea correspond à 2019 (rouge) et 2021 (bleu).

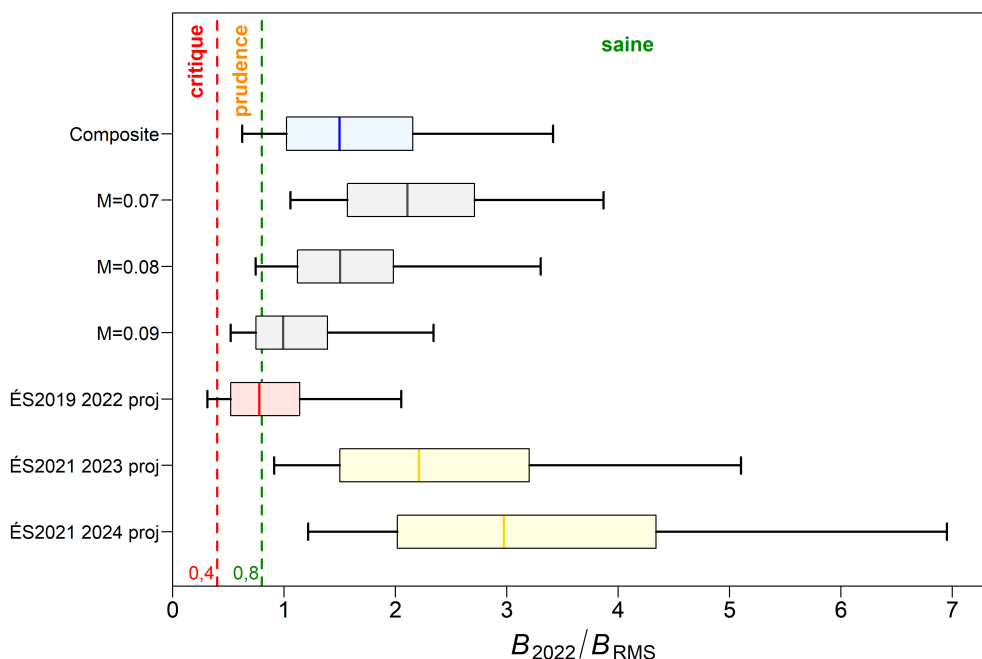


Figure 19. Scénario de référence composite : État au début de 2022 du stock de bocaccio par rapport aux points de référence selon l'AP de $0,4B_{RMD}$ et $0,8B_{RMD}$ pour un scénario de référence comprenant trois exécutions du modèle. Le diagramme des quantiles du haut montre la distribution composite et celui du bas les trois exécutions contributrices. On voit également l'état projeté des stocks pour le scénario de référence composite dans l'évaluation des stocks de 2019 (rouge, en supposant des prises constantes = 200 t/an) et pour le scénario de référence composite actuel au début de 2023 et 2024 (jaune, prises constantes = 500 t/an). Les diagrammes de quartiles montrent les quantiles 0,05, 0,25, 0,5, 0,75 et 0,95 des valeurs a posteriori de la méthode de MCCM.

Faibles projections de recrutement

L'incertitude quant à la force de la cohorte de 2016 a été explorée grâce à l'extraction des échantillons du composite a posteriori qui correspondaient au 5e centile inférieur des estimations de recrutement de poissons d'un an pour R_{2017} afin de mettre à l'essai la robustesse de la reconstitution projetée en utilisant la composante la moins productive de la distribution a posteriori. Il en est résulté 150 échantillons : 118 échantillons du cycle B1 ($M=0,07$), 29 échantillons du cycle B2 ($M=0,08$) et trois échantillons du cycle B3 ($M=0,09$). L'ensemble réduit d'échantillons a posteriori a réduit l'estimation de la médiane R_{2017} à 23 (17, 25) millions de recrues de 47 (25, 96) millions en utilisant l'estimation a posteriori complète, ce qui représente une baisse de plus de la moitié des recrutements prévus (voir le graphique du haut, Figure 20). Lorsque ce sous-ensemble de la distribution a posteriori a été projeté vers l'avant à une prise constante de 500 t/an (graphique du bas, Figure 20), la reconstitution n'a été retardée que d'un an, avec plus de 90% de la distribution de B_{2023}/B_{RMD} se trouvant dans la zone saine au début de 2023.

Les grands événements occasionnels de recrutement sont typiques des espèces d'eaux profondes de *Sebastes*; de tels événements ont été observés tous les 10 à 25 ans chez d'autres espèces de ce genre. bocaccio semble être une espèce aberrante, avec une seule grande cohorte observée en plus de 60 ans de données potentielles. Selon cette mise à jour du modèle, la grande cohorte de 2016 a mené à un rétablissement complet de la population de l'ensemble de la côte SBO, même si les estimations de l'état du modèle dans la dernière partie des années 2010 indiquaient que la population se situait à moins de 5% de la biomasse à l'équilibre non exploitée. De même, la population de bocaccio du sud de la Californie a fait l'objet de plusieurs bons recrutements récents qui ont permis le rétablissement de cette population.

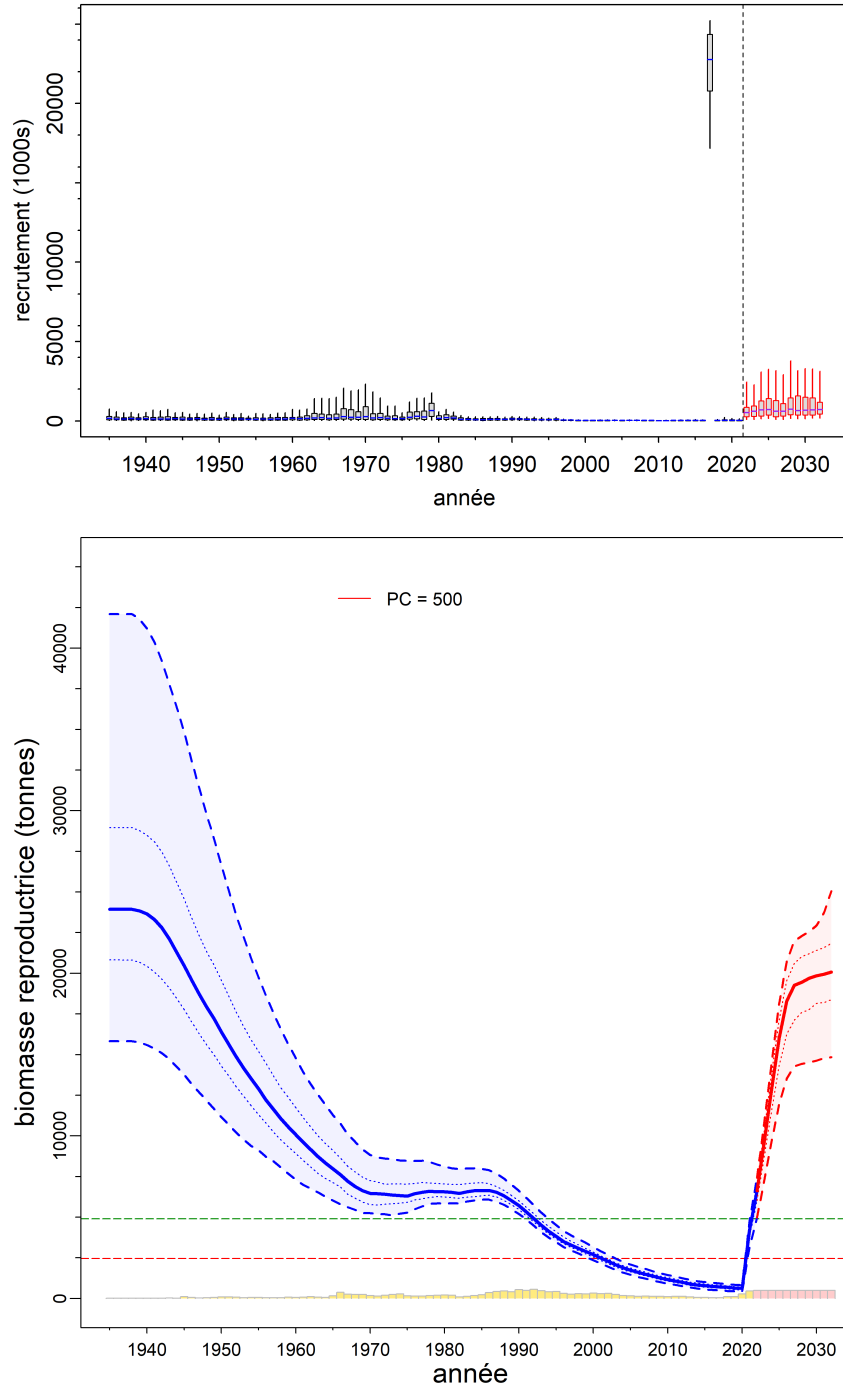


Figure 20. Extraction de recrutement faible : (top) distribution a posteriori marginale de la trajectoire de recrutement chez 1 000 poissons d'un an (voir la légende de la figure 15 pour plus de détails); (bas) estimations de la biomasse féconde B_t (tonnes) à partir de 150 des échantillons regroupés a posteriori du modèle qui représentent les échantillons ayant les estimations de recrutement les plus faibles R_{2017} de poissons d'un an (voir la légende de la figure 12 pour plus de détails).

Indicateurs de l'état des stocks

Les tableaux de décision pour le scénario de référence composite fournissent un avis à l'intention des gestionnaires, qui est exprimé sous forme de probabilités que la biomasse actuelle ou la biomasse projetée B_t ($t = 2022, \dots, 2032$), dépasse les points de référence fondés sur la biomasse (ou que le taux d'exploitation projeté u_t devienne inférieur aux points de référence fondés sur les prises) selon des limites de prises constantes. Veuillez noter que les années pour les points de référence fondés sur la biomasse désignent le début des années, tandis que les années pour les points de référence fondés sur la récolte désignent les années avant le début (~mid-year). Pour interpréter les tableaux de décision en ce qui concerne le PRL du MPO ($0.4B_{RMD}$) et le PRS ($0.8B_{RMD}$), la probabilité d'être (i) dans la zone saine est de $P(B_t > PRS)$, (ii) dans la zone de prudence est de $P(B_t > PRL) - P(B_t > PRS)$, et (iii) dans la zone critique est de $1 - P(B_t > PRL)$. Tableaux de décision dans le document (tous assujettis à une politique de prises constantes) include:

- Table 4 – Probabilité que B_t dépasse le PRL : $P(B_t > 0.4B_{RMD})$;
- Table 5 – Probabilité que B_t dépasse le PRS : $P(B_t > 0.8B_{RMD})$;
- Table 6 – probabilité que B_t dépasse la biomasse au RMD : $P(B_t > B_{RMD})$;
- Table 7 – Probabilité que u_t tombe sous le taux de récolte au RMD : $P(u_t < u_{RMD})$;
- Table 8 – Probabilité que B_t dépasse la biomasse de l'année en cours : $P(B_t > B_{2022})$;
- Table 9 – Probabilité que u_t tombe sous le taux de récolte de l'année en cours : $P(u_t < u_{2021})$;
- Table 10 – Probabilité que B_t dépasse une "limite non critique" ne provenant pas du MPO : $P(B_t > 0.2B_0)$;
- Table 11 – Probabilité que B_t dépasse une biomasse « cible » ne provenant pas du MPO : $P(B_t > 0.4B_0)$.

Les points de référence fondés sur le RMD estimés dans un modèle d'évaluation du stock peuvent être très sensibles aux hypothèses du modèle concernant la mortalité naturelle et la dynamique stock-recrutement (Forrest et coll. 2018). Ainsi, d'autres pays utilisent des points de référence qui sont exprimés sous la forme de B_0 plutôt que de B_{RMD} (p. ex. N.Z. Min. Fish. 2011), parce que B_{RMD} est souvent mal estimé, dépendant de paramètres estimatifs et d'une pêche uniforme (bien que nombre de ces mêmes problèmes s'appliquent à B_0). Par conséquent, les points de référence de $0,2B_0$ et $0,4B_0$ sont également présentés ici. Ce sont les valeurs par défaut utilisées en Nouvelle-Zélande respectivement comme « limite non critique » en dessous de laquelle il faut prendre des mesures de gestion, et comme biomasse « cible » pour les stocks à productivité faible, c'est-à-dire une moyenne autour de laquelle on s'attend à voir varier la biomasse. La « limite non critique » est équivalente au point de référence supérieur du stock (PRS, $0,8B_{RMD}$) dans le Cadre pour la pêche durable du MPO (MPO 2009) lequel ne spécifie pas de biomasse « cible ». En outre, des résultats sont fournis comparant la biomasse projetée à B_{RMD} et à la biomasse féconde actuelle B_{2022} , ainsi que le taux de récolte projeté au taux de récolte actuel u_{2021} .

L'indicateur A1 du COSEPAC est réservé aux espèces dont les stocks ont été réduit en raison de causes clairement réversibles, comprises et qui n'existent plus. L'indicateur A2 est utilisé lorsque la réduction de la population n'est peut-être pas réversible, peut-être pas comprise ou n'a peut-être pas été éliminée. L'évaluation du potentiel de rétablissement du sébaste à bouche jaune réalisée en 2011 (Edwards et coll. 2012) situait le RMD dans la catégorie A2b (le « b »

indique que la désignation était fondée sur « un indice d'abondance approprié pour le taxon ». Si une espèce se trouve dans la catégorie A2, on considère qu'elle est en voie de disparition ou menacée si son déclin est >50% ou >30% sous B_0 , respectivement.

Tableaux supplémentaires à court terme pour le critère A2 du COSEPAC :

- Tableau 12 – Probabilité de B_t excédant le statut « en voie de disparition » : $(P(B_t > 0,5B_0))$;
- Tableau 13 – Probabilité que B_t dépasse le statut « Menacée » : $(P(B_t > 0,7B_0))$.

Table 4. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) concernant le point de référence limite de $0,4B_{RMD}$ dans les projections sur 1 à 10 ans pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes). Les valeurs sont $P(B_t > 0,4B_{RMD})$, c.-à-d. la probabilité que la biomasse féconde (femelles matures) au début de l'année t soit supérieure au point de référence limite. Les probabilités sont la proportion (à deux décimales près) des 3000 échantillons de la méthode de MCCM pour lesquels $B_t > 0,4B_{RMD}$. À titre de référence, les prises moyennes pour les cinq dernières années (2017 à 2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
800	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
900	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1200	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1400	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1600	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1800	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Table 5. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) concernant le point de référence supérieurs des stocks $0.8B_{RMD}$ pour les projections sur 1 à 10 ans pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs sont $P(B_t > 0.8B_{RMD})$. À titre indicatif, les prises moyennes au cours des 5 dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,87	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
100	0,87	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
200	0,87	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
300	0,87	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
400	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
500	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
600	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
700	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
800	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
900	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
1000	0,87	0,97	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1
1200	0,87	0,97	0,99	>0,99	>0,99	1	1	>0,99	1	>0,99	1
1400	0,87	0,97	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1
1600	0,87	0,97	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1800	0,87	0,97	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
2000	0,87	0,97	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

Table 6. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) concernant le point de référence B_{RMD} pour les projections sur 1 à 10 ans pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs sont $P(B_t > B_{RMD})$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1	1	1
100	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1	1
200	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1	1
300	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1
400	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1
500	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	1
600	0,76	0,93	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
700	0,76	0,93	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
800	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
900	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1000	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1200	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1400	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1600	0,76	0,92	0,98	0,99	>0,99	>0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99
1800	0,76	0,92	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2000	0,76	0,92	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Table 7. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) permettant de comparer le taux d'exploitation projeté à celui au RMD, pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs soient $P(u_t < u_{RMD})$, soit environ la probabilité que le taux d'exploitation au milieu de l'année t soit inférieur à celui au RMD. À titre de référence, les prises moyennes pour les cinq dernières années (2017 à 2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
800	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
900	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1200	0,98	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	>0,99
1400	0,96	0,99	>0,99	1	1	1	1	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1600	0,92	0,98	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1800	0,88	0,97	0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	0,99	0,99	0,99
2000	0,82	0,95	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98

Table 8. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) permettant de comparer la biomasse projetée à la biomasse actuelle pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), d'après les probabilités $P(B_t > B_{2022})$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017 à 2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
800	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
900	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1200	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1400	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1600	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1800	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	>0,99
2000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	>0,99	>0,99

Table 9. Tableau de décision (côte de la Colombie-Britannique) permettant de comparer le taux d'exploitation prévu à celui de 2021 pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de façon à ce que les valeurs soient $P(u_t < u_{2021})$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
300	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
400	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600	0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
700	0,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
800	0,03	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
900	0	0,80	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	0	0,51	0,97	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99
1200	0	0,09	0,73	0,94	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97
1400	0	<0,01	0,37	0,76	0,88	0,91	0,91	0,90	0,88	0,86	0,84
1600	0	0	0,13	0,48	0,68	0,74	0,74	0,72	0,69	0,66	0,63
1800	0	0	0,03	0,26	0,46	0,54	0,53	0,50	0,45	0,42	0,39
2000	0	0	0,01	0,11	0,26	0,34	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22

Table 10. Tableau de décision pour le point de référence limite de recharge du stock $0.2B_0$ pour les projections sur 1 à 10 ans pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs soient $P(B_t > 0.2B_0)$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
100	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
200	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
300	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
400	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
500	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
600	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
700	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
800	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
900	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1200	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1400	0,90	0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1600	0,90	0,98	>0,99	1	1	1	1	1	1	1	1
1800	0,90	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	1	1	1	>0,99
2000	0,90	0,98	>0,99	>0,99	1	1	1	>0,99	>0,99	>0,99	>0,99

Table 11. Tableau de décision concernant le point de référence supérieur de recharge du stock $0.4B_0$ pour les projections sur 1 à 10 ans pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs soient $P(B_t > 0.4B_0)$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,40	0,74	0,90	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99	>0,99	>0,99
100	0,40	0,74	0,90	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99	>0,99
200	0,40	0,73	0,90	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99	>0,99
300	0,40	0,73	0,90	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99
400	0,40	0,73	0,90	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	>0,99
500	0,40	0,73	0,90	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
600	0,40	0,73	0,89	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
700	0,40	0,73	0,89	0,96	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
800	0,40	0,73	0,89	0,95	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
900	0,40	0,72	0,89	0,95	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
1000	0,40	0,72	0,88	0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
1200	0,40	0,72	0,88	0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
1400	0,40	0,71	0,87	0,95	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
1600	0,40	0,71	0,87	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,97
1800	0,40	0,71	0,87	0,94	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
2000	0,40	0,70	0,87	0,93	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94

Table 12. Tableau de décision concernant le critère de référence $0.5B_0$ pour les projections sur 10 ans et pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs soient $P(B_t > 0.5B_0)$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,19	0,56	0,79	0,90	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
100	0,19	0,56	0,79	0,90	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
200	0,19	0,55	0,78	0,90	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98
300	0,19	0,55	0,78	0,89	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98
400	0,19	0,55	0,78	0,89	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97
500	0,19	0,55	0,78	0,88	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
600	0,19	0,55	0,78	0,88	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97
700	0,19	0,54	0,78	0,88	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96
800	0,19	0,54	0,77	0,88	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96
900	0,19	0,54	0,77	0,88	0,92	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95
1000	0,19	0,54	0,77	0,87	0,92	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95
1200	0,19	0,53	0,76	0,87	0,91	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94
1400	0,19	0,53	0,75	0,86	0,90	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
1600	0,19	0,53	0,75	0,86	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
1800	0,19	0,52	0,74	0,85	0,89	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89
2000	0,19	0,52	0,73	0,84	0,88	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87

Table 13. Tableau de décision concernant le critère de référence $0.7B_0$ pour les projections sur 10 ans et pour une fourchette de stratégies de prises constantes (en tonnes), de sorte que les valeurs soient $P(B_t > 0.7B_0)$. À titre de référence, les prises moyennes au cours des cinq dernières années (2017-2021) étaient de 204 t.

CC	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
0	0,02	0,25	0,53	0,71	0,80	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88
100	0,02	0,25	0,53	0,70	0,79	0,83	0,84	0,84	0,86	0,86	0,87
200	0,02	0,25	0,53	0,70	0,79	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87
300	0,02	0,24	0,52	0,70	0,78	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,86
400	0,02	0,24	0,52	0,69	0,78	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85
500	0,02	0,24	0,52	0,69	0,78	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84	0,84
600	0,02	0,24	0,51	0,68	0,77	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83
700	0,02	0,24	0,51	0,68	0,77	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83
800	0,02	0,24	0,50	0,67	0,76	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82
900	0,02	0,24	0,50	0,67	0,76	0,78	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81
1000	0,02	0,23	0,50	0,66	0,75	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80
1200	0,02	0,23	0,49	0,66	0,74	0,77	0,76	0,77	0,77	0,77	0,78
1400	0,02	0,23	0,48	0,65	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,75
1600	0,02	0,23	0,47	0,64	0,72	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73
1800	0,02	0,22	0,47	0,63	0,71	0,73	0,72	0,71	0,71	0,71	0,70
2000	0,02	0,22	0,46	0,62	0,70	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,67

Conclusion

Bien que la taille estimée de la classe de l'année 2016 semble sans précédent, surtout parce qu'elle est le résultat de la fraie d'un stock comportant un très faible niveau de femelles matures, il s'agit de la réponse exigée par les données compte tenu de l'augmentation constante des estimations des quatre relevés (Figure 3) entièrement attribuable à cette cohorte (Figures 4–6). Il y a peu de doute sur la réalité de l'augmentation de la biomasse, bien qu'il subsiste une certaine incertitude quant à son ampleur absolue. Cette situation est semblable à celle à laquelle les participants à l'examen régional par les pairs ont été confrontés en 2019, qui ont accepté provisoirement l'évaluation des stocks sous réserve d'une mise à jour du modèle à l'aide de nouvelles données de relevé en 2021. Cette mise à jour confirme et élargit les conclusions présentées par l'évaluation précédente des stocks, étant donné que les observations des quatre relevés étaient conformes à celles de l'évaluation des stocks de 2019. De plus, le tableau 1 montre qu'un plus grand pourcentage de femelles de la cohorte de 2016 sont arrivées à maturité en 2021 que ce qui avait été supposé dans l'ogive de maturité du modèle, ce qui signifie que la mise à jour pourrait sous-estimer la taille de la population reproductrice de femelles de 2022. Cette mise à jour de l'évaluation des stocks porte à croire qu'un résultat envisagé serait d'accepter ces résultats et de recommander que l'évaluation soit à nouveau mise à jour en 2023 quand quatre nouvelles valeurs d'indice de relevé seront disponibles, poursuivant ainsi la validation de la taille de la cohorte de 2016. Cette recommandation est faite en dépit des CV élevés des relevés associés au comportement semi-pélagique de cette espèce.

Collaborateurs

Collaborateurs à la réponse scientifique, où un astérisque « * » indique les auteurs principaux.

Nom	Organisme d'appartenance
Anderson, Sean	DFO Science, Pacific
Finn, Deirdre	Direction de la gestion des pêches, MPO, région du Pacifique
Grandin, Chris	Direction des sciences, MPO, région du Pacifique
Haigh, Rowan*	Direction des sciences, MPO, région du Pacifique
Keizer, Adam	Cadre pour la pêche durable, région du Pacifique
Lamont, Averil	Direction de la gestion des pêches, MPO, région du Pacifique
Mose, Brian	Commercial Industry Caucus, pêche au chalut
Starr, Paul J.*	Canadian Groundfish Research and Conservation Society
Tadey, Rob	Cadre pour la pêche durable, région du Pacifique
Turris, Bruce	Canadian Groundfish Research and Conservation Society
Workman, Greg	Direction des sciences, MPO, région du Pacifique

Approuvé par

Andrew Thompson
 Directeur régional
 Direction des sciences, Région du Pacifique
 Pêches et Océans Canada
 18 novembre 2021

Sources de renseignements

- Edwards, A.M., Haigh, R. et Starr, P.J. 2012. [Évaluation du stock et évaluation du potentiel de rétablissement du sébaste à bouche jaune \(*Sebastes reedi*\) le long de la côte du Pacifique au Canada](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/095. iv + 188 p.
- Forrest, R.E., Holt, K.R. et Kronlund, A.R. 2018. [Performance of alternative harvest control rules for two Pacific groundfish stocks with uncertain natural mortality: bias, robustness and trade-offs](#). Fish. Res. 206. 259–286.
- MPO. 2009. [Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution](#).
- MPO. 2020. [Évaluation du stock de bocaccio \(*Sebastes paucispinis*\) de la Colombie-Britannique en 2019 et lignes directrices relatives à l'élaboration de plans de rétablissement](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2020/025. 19 p.
- N.Z. Min. Fish. 2011. [Operational Guidelines for New Zealand's Harvest Strategy Standard](#). Ministry of Fisheries, New Zealand.
- Stanley, R.D., McAllister, M., Starr, P. et Olsen, N. 2009. [Évaluation du stock de bocaccio \(*Sebastes paucispinis*\) dans les eaux de la Colombie-Britannique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2009/055. xiv + 200 p.
- Starr, P.J. et Haigh, R. 2022. Évaluation du stock de bocaccio (*Sebastes paucispinis*) de la Colombie-Britannique en 2019 et lignes directrices relatives à l'élaboration de plans de rétablissement. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. *Dans la presse*.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7
Téléphone: (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-3815
ISBN 978-0-660-41098-2 N° cat. Fs70-5/2022-001F-PDF
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2022



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2022. Mise à jour de l'évaluation du stock de bocaccio (*Sebastes paucispinis*) 2019 pour la Colombie-Britannique en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2022/001.

Also available in English:

DFO. 2022. Update of the 2019 bocaccio (*Sebastes paucispinis*) stock assessment for British Columbia in 2021. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2022/001.